DAS GROSSE RADIO BASTELBUCH



MIT RÖHREN UND TRANSISTOREN

K.H. SCHUBERT

K.-H. Schubert

Das große Radiobastelbuch

Karl-Heinz Schubert

DM 2 AXE

DAS GROSSE RADIOBASTELBUCH

mit Röhren und Transistoren



Deutscher Militärverlag

Vorwort zur zweiten Auflage

Kurz nach dem Erscheinen war das Buch trotz seiner hohen Auflage bereits vergriffen. Der Verfasser glaubt deshalb, annehmen zu können, daß die Auswahl des Stoffes und die Art der Darstellung den Interessen weiter Kreise der Radiobastler entspricht. Bei der schnell erforderlich gewordenen zweiten Auflage wurden Zeichen- und Druckfehler berichtigt. Neu aufgenommen wurde ein Abschnitt über Transistoren zweiter Wahl und über elektronische Kleinbausteine für den Amateur.

Der Verfasser dankt allen Lesern, die ihn auf Fehler aufmerksam machten, und bittet, ihm weitere Hinweise und Anregungen mitzuteilen.

Berlin, November 1962 Karl-Heinz Schubert

TEIL I THEORETISCHE UND PRAKTISCHE GRUNDLAGEN

TEIL III BAUANLEITUNGEN UND SCHALTUNGEN MIT TRANSISTOREN

TEIL IV TABELLEN FÜR DEN PRAKTIKER

TEIL I THEORETISCHE UND PRAKTISCHE GRUNDLAGEN

1. GRUNDKENNTNISSE, DIE MAN SICH ANEIGNEN MUSS

Es kann nicht die Aufgabe eines Radiobastelbuches sein, die gesamten Grundlagen der allgemeinen Elektrotechnik und der Funktechnik zu vermitteln. Dazu müßte es mehrere Bände umfassen. Auch gibt es über diese Gebiete eine Anzahl Veröffentlichungen, die im Tabellenanhang aufgeführt sind. Wer sich daher umfassend mit den Grundlagen vertraut machen will, muß diese Bücher durcharbeiten.
Um aber dem Anfänger zu helfen, sollen hier zur Einführung einige Grundlagen kurz behandelt werden. Nimmt man dann noch die Hilfe der GST-Kameraden in den Klubstationen und Radioklubs der GST in Anspruch, so kann man sich als Anfänger schon an den Selbstbau eines funktechnischen Gerätes wagen.

1.1 Was man von der Elektrotechnik wissen muß

1.11 Der einfache Gleichstromkreis

Betrachten wir eine Taschenlampe, so sehen wir, daß sie im wesentlichen aus einer Batterie, einer kleinen Glühbirne, einem Ein/Aus-Schalter und der Verbindung zwischen diesen Bauteilen besteht. Wie bei allen anderen Stromkreisen enthält die Taschenlampe eine Stromquelle (Batterie) und einen Verbraucher (Glühbirne). Diesen Stromkreis der Taschenlampe können wir vereinfacht in einem Schaltbild festhalten. Bild 1 zeigt das Schaltbild des Stromkreises einer einfachen Taschenlampe. In Stellung 1 des Schalters S ist der Stromkreis der Taschenlampe unterbrochen, die Taschenlampe also ausgeschaltet. In Stellung 2 wird der Stromkreis geschlossen. Es fließt von der Stromquelle ein Strom durch die Glühbirne und von da zurück. Dieser Strom bringt den Glühfaden der Glühbirne zum hellen Aufleuchten.
Die Stärke des fließenden Stromes ist abhängig von der Größe der Batteriespannung und von der Größe des Widerstandes des Verbrauchers. Mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes können die einzelnen Größen in einem Stromkreis berechnet werden.

Ohmsches Gesetz: $U = I \cdot R;$

U = Spannung in V (Volt), I = Strom in A (Ampere), R = Widerstand in Ω (Ohm).
Kennt man die Größe der Spannung und die des Widerstandes, so kann man mit der umgestellten Formel die Größe des fließenden Stromes berechnen.

$$I = \frac{U}{R}.$$

Für die Berechnung des Widerstandes R gilt analog

$$R = \frac{U}{I}.$$

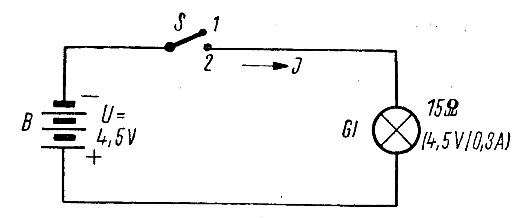


Bild 1. Stromkreisverlauf einer Taschenlampe

Beispiel (siehe Bild 1)

Welcher Strom I fließt in einem Stromkreis bei einer Batteriespannung von U = 4,5 V und einem Widerstand der Glühbirne von R = 15 Ohm?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{4{,}5\,V}{15\,\Omega} = 0{,}3\,A.$$

Schalten wir an einer beliebigen Stelle des Stromkreises einen Strommesser dazwischen, so wird dieser einen Strom I von 0,3 A anzeigen.
Da das Ohmsche Gesetz für alle Stromkreise gilt, kann man mit dessen Hilfe eine Größe berechnen, wenn man die beiden anderen kennt.

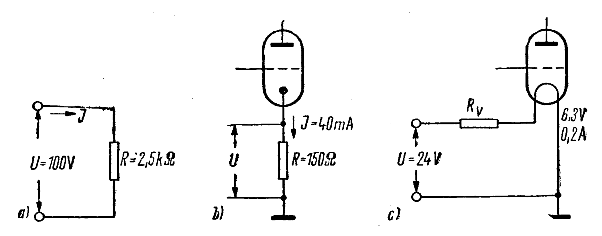


Bild 2. Beispiele zum Ohmschen Gesetz

Beispiel (siehe Bild 2, a)

Ein Widerstand R liegt an einer Spannung U von 100 V. Die Größe des Widerstandes ist 2,5 kOhm. Wie groß ist der durch den Widerstand fließende Strom?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{100\,V}{2500\,\Omega} = 0{,}04\,A \text{ oder } \underline{40\,mA}.$$

Beispiel (siehe Bild 2, b)

Durch den Katodenwiderstand einer Elektronenröhre fließt ein Strom I von 40 mA. Die Größe des Katodenwiderstandes beträgt 150 Ohm. Wie groß ist der an diesem Widerstand auftretende Spannungsabfall U?

$$U = I \cdot R = 0{,}04\,A \cdot 150\,\Omega = \underline{6\,V}.$$

Beispiel (siehe Bild 2, c)

Eine Elektronenröhre mit einer Heizspannung von $U_H = 6{,}3$ V und einem Heizstrom von $I_H = 0{,}2$ A soll an einer Batteriespannung von $U_B = 24$ V betrieben werden. Wie groß muß der erforderliche Vorwiderstand R_V sein?
Schließt man die Heizung der Elektronenröhre direkt an die Batteriespannung an, so brennt der Heizfaden durch. Deshalb muß an dem Vorwiderstand ein solcher Spannungsabfall durch den Strom von 0,2 A erzeugt werden, daß am Heizfaden nur noch die Heizspannung auftreten kann. Demnach ist die Differenz zwischen Batteriespannung und Heizspannung am Vorwiderstand in Wärme umzusetzen.

$$R_V = \frac{U_B - U_H}{I_H} = \frac{24\,\text{V} - 6{,}3\,\text{V}}{0{,}2\,\text{A}} = \frac{17{,}7\,\text{V}}{0{,}2\,\text{A}} = 88{,}5\,\Omega.$$

Der Vorwiderstand muß also die Größe 88,5 Ohm haben. Da ein solcher Widerstandswert nicht gefertigt wird, nimmt man einen Drahtwiderstand von 100 Ohm mit Abgreifschelle und stellt mit Hilfe eines Ohmmeters diesen Wert ein. Man kann aber auch den Widerstand von 100 Ohm zusammen mit einem Strommesser in den Stromkreis einschalten. Dann wird der Widerstand mit der Abgreifschelle so eingestellt, daß ein Strom von 0,2 A fließt.

Die Einheit der Spannung ist 1 Volt (1 V).
Davon abgeleitet sind

$1\,\mu\text{V} = 1$ Mikrovolt $= 10^{-6}$ V
$1\,\text{mV} = 1$ Millivolt $= 10^{-3}$ V
$1\,\text{kV} = 1$ Kilovolt $= 10^{3}$ V

Die Einheit der Stromstärke ist 1 Ampere (1 A).
Davon abgeleitet sind

$1\,\mu\text{A} = 1$ Mikroampere $= 10^{-6}$ A
$1\,\text{mA} = 1$ Milliampere $= 10^{-3}$ A

Die Einheit des Widerstandes ist 1 Ohm (1 Ω).
Davon abgeleitet sind

$1\,\text{m}\Omega = 1$ Milliohm $= 10^{-3}\,\Omega$
$1\,\text{k}\Omega = 1$ Kiloohm $= 10^{3}\,\Omega$
$1\,\text{M}\Omega = 1$ Megohm $= 10^{6}\,\Omega$

1.12 Die elektrische Leistung

Der elektrische Strom soll in einem Stromkreis nicht nur fließen, sondern bestimmte Wirkungen hervorbringen. Deshalb kann die in einem Stromkreis vorhandene Energie in andere Energieformen übergeführt werden.

Beispiele:

Elektrische Energie in Licht (Leuchtstofflampe usw.);

elektrische Energie in Wärme (Heizspirale, Ohmsche Widerstände usw.);
elektrische Energie in mechanische Energie (Motoren usw.).

Die dabei umgesetzte Leistung ist gleich dem Produkt aus Spannung und Stromstärke, also erhalten wir die Leistungsformel

$$N = U \cdot I;$$

N = Leistung in W, U = Spannung in V, I = Stromstärke in A.

Die Einheit der Leistung ist 1 Watt (1 W). Davon abgeleitet sind

$$1\,\mu W = 1 \text{ Mikrowatt} = 10^{-6}\,W$$
$$1\,mW = 1 \text{ Milliwatt} = 10^{-3}\,W$$
$$1\,kW = 1 \text{ Kilowatt} = 10^{3}\,W$$
$$1\,MW = 1 \text{ Megawatt} = 10^{6}\,W$$

Da Ohmsches Gesetz und Leistungsformel eine enge Beziehung aufweisen, ergeben sich für die Berechnung der Leistung auch die folgenden umgewandelten Formeln

$$N = \frac{U^2}{R} \quad \text{und} \quad N = I^2 \cdot R.$$

Der Ohmsche Widerstand R wird dabei in Ohm eingesetzt.
Mit Hilfe dieser umgewandelten Formeln kann man das Ohmsche Gesetz auch wie folgt darstellen

$$I = \frac{U}{R} = \frac{N}{U} = \sqrt{\frac{N}{R}},$$

$$U = I \cdot R = \frac{N}{I} = \sqrt{N \cdot R},$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U^2}{N} = \frac{N}{I^2}.$$

Beispiele

Welche Leistung nimmt ein Lötkolben auf, wenn bei einer Spannung von $U = 220$ V eine Stromstärke von $I = 0{,}455$ A fließt?

$$N = U \cdot I = 220\,V \cdot 0{,}455\,A = \underline{\underline{100\,W}}.$$

Welchen Widerstand stellt eine 50-W-Glühlampe dar, wenn durch sie eine Stromstärke von $I = 0{,}227$ A fließt?

$$R = \frac{N}{I^2} = \frac{50\,W}{0{,}227\,A \cdot 0{,}227\,A} = \frac{50}{0{,}0515} = \underline{\underline{970\,\Omega}}.$$

Mit welcher Stromstärke I darf ein 1-W-Widerstand von $R = 1$ kOhm maximal belastet werden?

$$I = \sqrt{\frac{N}{R}} = \sqrt{\frac{1\,W}{1000\,\Omega}} = \frac{1}{31{,}6} = 0{,}0316\,A = \underline{\underline{31{,}6\,mA}}.$$

1.13 Der Wechselstrom

Bei Gleichspannung bzw. Gleichstrom ist die Amplitude stets in der gleichen Größe vorhanden. Bei dem heute meist verwendeten Wechselstrom schwankt die Amplitude

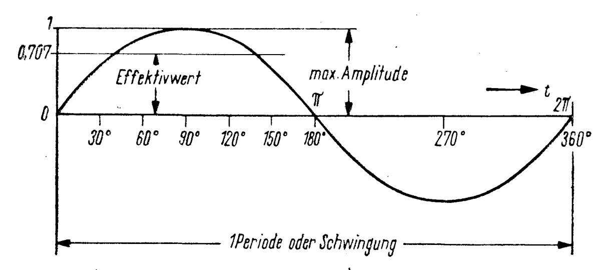


Bild 3. Verlauf einer Sinusschwingung

während einer jeden Periode zwischen einem positiven und einem negativen Höchstwert. Dabei wird während jeder Periode die sogenannte Sinusschwingung durchlaufen, wie sie in Bild 3 dargestellt ist. Die in einer Sekunde entstehenden Perioden bezeichnet man als die Frequenz f.

Die Einheit der Frequenz ist 1 Hertz (1 Hz). Davon abgeleitet sind

$$1\ \text{kHz} = 1\ \text{Kilohertz} = 10^3\ \text{Hz}$$
$$1\ \text{MHz} = 1\ \text{Megahertz} = 10^6\ \text{Hz}$$
$$1\ \text{GHz} = 1\ \text{Gigahertz} = 10^9\ \text{Hz}$$

Der technische Wechselstrom, wie er in den Elektrizitätswerken erzeugt wird, hat eine Frequenz von 50 Hz. Als Niederfrequenz bezeichnet man den Tonfrequenzbereich von etwa 10 Hz bis 25 kHz. Alle Frequenzen darüber nennt man Hochfrequenz. Bei Rundfunkempfängern findet man oft neben der Frequenzangabe auf der Skalenscheibe auch die Wellenlängenangabe in m. Wellenlänge λ und Frequenz f hängen eng mit der Lichtgeschwindigkeit c zusammen, da sich Hochfrequenzwellen mit der gleichen Geschwindigkeit ausbreiten

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300000}{f};$$

λ = Wellenlänge in m, c = Lichtgeschwindigkeit = 300000 km/s, f = Frequenz in kHz.

Beispiele

Welche Wellenlänge λ gehört zu einer Frequenz von f = 500 kHz?

$$\lambda = \frac{300\,000}{500} = 600\ \text{m}.$$

Wie groß ist die Frequenz f, die einer Wellenlänge von = 2,07 m entspricht?

$$f = \frac{300\,000}{2{,}07} = 145000\ \text{kHz} = \underline{145\ \text{MHz}}.$$

Eine besondere Rolle spielt in der Wechselstromtechnik die Kreisfrequenz ω, die definiert ist als

$$\omega = 2\pi \cdot f = 6{,}28 \cdot f;$$

ω = Kreisfrequenz in 1/s, f = Frequenz in Hz, π = 3,14.

Da Wechselspannung und Wechselstrom zeitlich sich ändernde Größen sind, muß man

zwischen dem Maximalwert und dem Effektivwert unterscheiden. Der Effektivwert ist der Wert, der von Meßinstrumenten angezeigt wird. Diesen Wert legt man bei Berechnungen, z. B. Berechnung der Leistung, zugrunde. Nur wenn man die maximal auftretenden Spannungsamplituden berücksichtigen muß, wie Isolierfestigkeit von Transformatoren oder Durchschlagsfestigkeit bei Kondensatoren, ist der Maximalwert zu beachten. Zwischen Maximalwert und Effektivwert besteht folgender Zusammenhang (siehe auch Bild 3).

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0{,}707 \cdot I_{max}$$

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 0{,}707 \cdot U_{max}$$

$$I_{max} = \sqrt{2} \cdot I_{eff} = 1{,}41 \cdot I_{eff}$$

$$U_{max} = \sqrt{2} \cdot U_{eff} = 1{,}41 \cdot U_{eff}.$$

Beispiele

Wie groß ist der Maximalwert U_{max} einer gemessenen Wechselspannung von $U_{eff} =$ 220 V?

$$U_{max} = 1{,}41 \cdot U_{eff} = 1{,}41 \cdot 220\ \text{V} = \underline{\underline{310\ \text{V.}}}$$

Die dem Steuergitter einer Elektronenröhre maximal zugeführte Spannung soll eine Amplitude von 10 V nicht überschreiten. Welche Spannung darf deshalb ein angelegtes Meßinstrument maximal anzeigen? (Es wird vorausgesetzt, daß eine sinusförmige Aussteuerung erfolgt.)

$$U_{eff} = 0{,}707 \cdot U_{max} = 0{,}707 \cdot 10\ \text{V} = \underline{\underline{7{,}07\ \text{V.}}}$$

Bei der Berechnung von Wechselstromschaltungen ist zu beachten, daß die Formeln aus der Gleichstromtechnik dann Gültigkeit haben, wenn nur reine Wirkwiderstände (Ohmsche Widerstände) in diesem Stromkreis vorhanden sind. Bei reinen Wirkwiderständen ist keine Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom vorhanden und der Phasenwinkel deshalb 0°. Sobald in einem Wechselstromkreis Blindwiderstände (verlustfreie Induktivitäten bzw. Kapazitäten) oder Scheinwiderstände (Kombinationen aus Wirk- und Blindwiderständen bzw. verlustbehaftete Induktivitäten und Kapazitäten) auftreten, ergibt sich eine Phasenverschiebung und damit ein bestimmter Phasenwinkel. Bei induktiver Belastung eilt in einem Wechselstrom die Spannung dem Strom voraus. Der maximale Phasenwinkel beträgt bei einer reinen Induktivität + 90°. Bei kapazitiver Belastung eilt der Strom der Spannung in einem Wechselstromkreis voraus. Bei einer reinen Kapazität ist der Phasenwinkel — 90°.

Das Ohmsche Gesetz bei Wechselstrom hat folgende Form

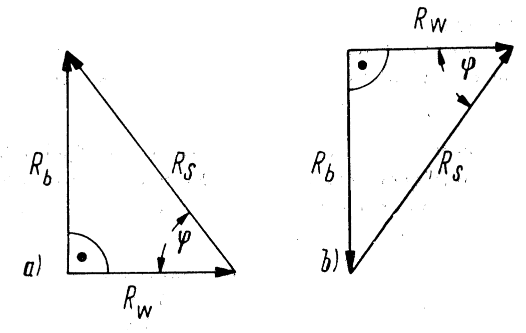
$$U = I \cdot R_s;$$

U = Spannung in V, I = Stromstärke in A, R_s = Scheinwiderstand in Ω.

Wirkwiderstand R_w und Blindwiderstand R_b bilden den Scheinwiderstand R_s. Wegen der auftretenden Phasenverschiebung muß jedoch eine geometrische Addition von R_w und R_b erfolgen:

$$R_s = \sqrt{R_w^2 + R_b^2}.$$

Bild 4. Geometrische Addition von Widerstandswerten bei Wechselstrom; (a) induktive Widerstände, (b) kapazitive Widerstände



Alle Widerstandswerte werden in Ohm eingesetzt. Der Phasenwinkel ergibt sich zu

$$\tan\varphi = \frac{R_b}{R_w}.$$

Dabei ist zu beachten, daß der Blindwiderstand kapazitiv, induktiv oder auch gemischt sein kann (Bild 4).

Auch bei der Anwendung der Leistungsformel müssen diese Probleme berücksichtigt werden, wenn man diese bei Wechselstromschaltungen anwendet. Man unterscheidet zwischen der Scheinleistung N_s, der Wirkleistung N_w und der Blindleistung N_b.

$$N_s = \sqrt{N_w^2 + N_b^2}.$$

Dabei ist die

Scheinleistung	$N_s = U \cdot I$	in VA,
Wirkleistung	$N_w = U \cdot I \cdot \cos\varphi$	in W,
Blindleistung	$N_b = U \cdot I \cdot \sin\varphi$	in W.

1.14 Kondensator und Spule

Bei Gleichstrom stellt der Kondensator einen sehr hohen Widerstand dar. Er lädt sich auf die Größe der angelegten Gleichspannung auf. Nach einer bestimmten Zeit hat sich der Kondensator aufgeladen, und der Ladestrom ist immer geringer geworden. Wenn man den Kondensator, z. B. einen Elektrolytkondensator aus dem Netzteil, kurzschließt, so tritt durch die plötzliche Entladung ein starker Funke (große Stromstärke) mit knallartigem Geräusch auf. Da der Widerstand bei Gleichstrom sehr hoch ist, versperrt ein Kondensator in einem Schaltungszug praktisch der Gleichspannung den Weg. Die Anwendung des Kondensators zu diesem Zweck ist in der Funktechnik sehr zahlreich.

Bei Wechselstrom zeigt der Kondensator ein ganz anderes Verhalten. Sein Blindwiderstand wird mit zunehmender Frequenz immer kleiner. Die dafür gültige Beziehung lautet

$$R_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C};$$

R_c = kapazitiver Blindwiderstand in Ω, ω = Kreisfrequenz in 1/s, f = Frequenz in Hz, C = Kapazität in F.

Bei der Frequenz Null wäre demnach der Widerstand unendlich groß (Gleichstrom-

sperrung!), bei zunehmender Frequenz und Kapazität würde der Widerstandswert praktisch fast 0 werden (Kurzschluß bei Wechselstrom!). Daraus erklärt sich auch die Anwendung des Kondensators als Sieb- und Kopplungskondensator in der Funktechnik.

Beispiele:

Wie groß ist der für den Wechselstrom maßgebende kapazitive Widerstand eines Elektrolytkondensators von $C = 50\,\mu F$, der in einem Netzteil als Siebkondensator an einer Brummspannung mit der Frequenz von $f = 100$ Hz (Zweiweg-Gleichrichtung!) liegt?

$$R_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{6{,}28 \cdot 100 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{31\,400}$$

$$R_c = \frac{1000}{31{,}4} = 31{,}8\,\Omega.$$

Wie groß ist der kapazitive Widerstand eines Kopplungskondensators von $C = 100$ pF bei einer Frequenz von $f = 6$ MHz?

$$R_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{6{,}28 \cdot 6 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^4}{6{,}28 \cdot 6}$$

$$R_c = \frac{10\,000}{37{,}68} = 265\,\Omega.$$

Die Induktivität einer Spule zeigt ein umgekehrtes Verhalten bei Wechselstrom. Der induktive Widerstand nimmt mit der Frequenz und der Größe der Induktivität zu. Dafür gilt folgende Formel

$$R_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L;$$

R_L = induktiver Widerstand in Ω, ω = Kreisfrequenz in 1/s, f = Frequenz in Hz, L = Induktivität in H.

Beispiel

Wie groß ist der induktive Widerstand einer Spule mit der Induktivität von $L = 2$ mH bei einer Frequenz von $f = 200$ kHz?

$$R_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 6{,}28 \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{2512\,\Omega}}.$$

1.15 Reihen- und Parallelschaltung

Bei funktechnischen Bauelementen wie Widerständen, Kondensatoren und Spulen,

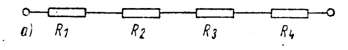
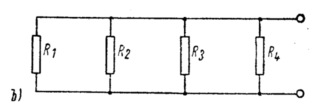


Bild 5. Reihen- (a) und Parallelschaltung (b) von Ohmschen Widerständen



außerdem bei Stromquellen sind sowohl Reihen- als auch Parallelschaltungen sowie Kombinationen davon möglich.

a) Widerstände (Bild 5).

Bei der Reihenschaltung von Widerständen werden einfach die einzelnen Widerstandswerte addiert. Der Gesamtwiderstand ist dann gleich der Summe der einzelnen Reihenwiderstände.

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_n.$$

Bei der Parallelschaltung von Widerständen ist der Gesamtwiderstand stets kleiner als der kleinste Widerstand. Die dafür gültige Formel lautet

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots \frac{1}{R_n}.$$

Bei der Parallelschaltung werden also die Kehrwerte (Leitwerte) addiert. Sind nur zwei Widerstände parallelgeschaltet, so kann man für diese beiden Widerstände folgende Formel anwenden

$$R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

Bei der Berechnung ist stets darauf zu achten, daß alle Widerstandswerte in der gleichen Maßeinheit eingesetzt werden.

Beispiele

Wie groß ist der Gesamtwiderstand einer Reihenschaltung von Widerständen mit $R_1 = 800$ Ohm, $R_2 = 5{,}6$ kOhm, $R_3 = 50$ Ohm und $R_4 = 3{,}55$ kOhm?

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4,$$
$$R_{ges} = 0{,}8\,k\Omega + 5{,}6\,k\Omega + 0{,}05\,k\Omega + 3{,}55\,k\Omega,$$
$$R_{ges} = (0{,}8 + 5{,}6 + 0{,}05 + 3{,}55)\,k\Omega,$$
$$R_{ges} = 10\,k\Omega.$$

Wie groß ist der Gesamtwiderstand einer Parallelschaltung von Widerständen mit $R_1 = 2$ kOhm, $R_2 = 5$ kOhm, $R_3 = 500$ Ohm und $R_4 = 10$ kOhm?

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4},$$
$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{2\,k\Omega} + \frac{1}{5\,k\Omega} + \frac{1}{0{,}5\,k\Omega} + \frac{1}{10\,k\Omega},$$
$$\frac{1}{R_{ges}} = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{1}{0{,}5} + \frac{1}{10}\right)\frac{1}{k\Omega},$$
$$\frac{1}{R_{ges}} = \left(\frac{5}{10} + \frac{2}{10} + \frac{20}{10} + \frac{1}{10}\right) = \frac{28}{10} \cdot \frac{1}{k\Omega},$$
$$R_{ges} = \frac{10}{28} = 0{,}357\,k\Omega = 357\,\Omega.$$

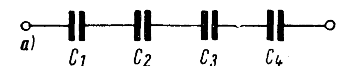
Wie groß ist der Gesamtwiderstand einer Parallelschaltung von zwei Widerständen mit $R_1 = 100$ Ohm und $R_2 = 400$ Ohm?

$$R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100 \cdot 400}{100 + 400} = \frac{40000}{500},$$
$$R_{ges} = \frac{400}{5} = 80\,\Omega.$$

b) Kondensatoren (Bild 6).

Bei der Reihenschaltung von Kondensatoren vergrößert sich praktisch der Plattenabstand. Dadurch wird die Gesamtkapazität stets kleiner als die kleinste Kapazität in der Reihenschaltung.

$$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots + \frac{1}{C_n}.$$



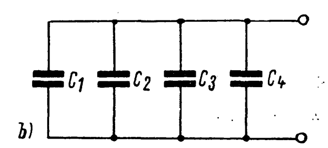


Bild 6. Reihen- (a) und Parallelschaltung (b) von Kondensatoren

Für zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren gilt dabei wieder die vereinfachte Formel

$$C_{ges} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}.$$

Werden Kondensatoren parallelgeschaltet, so vergrößert sich die Plattenfläche. Es gilt dabei die Beziehung

$$C_{ges} = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots + C_n.$$

Im übrigen sind die gleichen Hinweise zu beachten wie bei Widerstandsschaltungen.

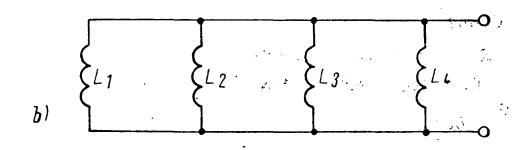
c) Spulen (Bild 7).

Bei der Reihen- und Parallelschaltung von Spulen muß beachtet werden, daß sich diese Spulen durch die vorhandenen magnetischen Felder gegenseitig beeinflussen, wenn keine besonderen Abschirmmaßnahmen getroffen werden.
Bei der Reihenschaltung von nichtkoppelnden Spulen ist die Gesamtinduktivität

$$L_{ges} = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots + L_n.$$

a) L1 L2 L3 L4

Bild 7. Reihen- (a) und Parallelschaltung (b) von Induktivitäten



Werden nichtkoppelnde Spulen parallelgeschaltet, dann ist die Gesamtinduktivität

$$\frac{1}{L_{ges}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \ldots + \frac{1}{L_n}.$$

Für zwei nichtkoppelnde Spulen in Parallelschaltung gilt wieder

$$L_{ges} = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}.$$

Besteht zwischen zwei in Reihe geschalteten Spulen eine magnetische Kopplung, dann ist bei gleichem Wicklungssinn

L_{ges} größer als $L_1 + L_2$

und bei entgegengesetztem Wicklungssinn

L_{ges} kleiner als $L_1 + L_2$.

Bei der Parallelschaltung zweier koppelnder Spulen sind die Verhältnisse wesentlich schwieriger zu berechnen. Schneller kommt man durch eine Messung der Gesamtinduktivität zum Ziel.

d) Stromquellen (Bild 8)

Stromquellen können ebenfalls in Reihen- und in Parallelschaltung betrieben werden. Bei der Zusammenschaltung ist jedoch auf die Polarität zu achten. Bei der Reihenschaltung addieren sich die einzelnen Spannungen der Stromquellen zur Gesamtspannung,

$$U_{ges} = U_1 + U_2 + U_3 + \ldots + U_n.$$



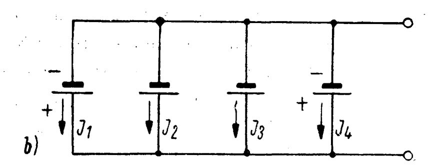


Bild 8. Reihen- (a) und Parallelschaltung (b) von Stromquellen (Batterien)

Bei der Stromentnahme ist zu beachten, daß die zulässige Stromstärke durch die am schwächsten belastbare Stromquelle bestimmt wird.

Eine Parallelschaltung von Stromquellen wendet man an, wenn man einen größeren Strom entnehmen will. Es ist aber erforderlich, daß jede Stromquelle im unbelasteten Zustand die gleiche Größe der Spannung aufweist, sonst fließen Ausgleichsströme zwischen den einzelnen Stromquellen. Bei der Parallelschaltung von Stromquellen werden alle Pluspole und alle Minuspole miteinander verbunden.

1.2 Einiges aus der Funktechnik

1.21 Die Elektronenröhre

Zu den wichtigsten Grundbauelementen der Funktechnik zählen neben den Widerständen, den Kondensatoren und den Spulen die Elektronenröhren, neuerdings auch die Transistoren. In den funktechnischen Geräten werden die Elektronenröhren vor allem zur Erzeugung, Verstärkung und Gleichrichtung von Wechselströmen eingesetzt. Es wurden eine Vielzahl von Elektronenröhren konstruiert und gefertigt, wobei den Radiobastler heute vor allem die modernen Miniaturröhren interessieren.
Das System einer Elektronenröhre ist in einem luftleer gepumpten Glaskolben untergebracht. Es besteht im wesentlichen aus einer beheizten Katode, dem Steuergitter und der Anode. Bei Mehrelektrodenröhren wurden noch weitere Gitter hinzugefügt. Die Anode, die an einer positiven Spannung liegt, zieht aus der beheizten Katode austretende Elektronen an. Der dabei auftretende Elektronenstrom kann durch das Steuergitter beeinflußt werden. Je nach der Vorspannung des Steuergitters ist eine Regulierung des Elektronenstromes möglich.

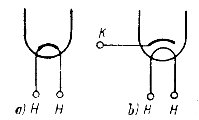


Bild 9. Schaltsymbol für die direkt (a) und die indirekt (b) geheizte Katode einer Elektronenröhre

Nach dem Aufbau des Heizfaden-Katoden-Systems unterscheidet man zwischen indirekt und direkt geheizten Katoden. Bei der direkt geheizten Katode ist die die Elektronen emittierende Schicht direkt auf dem Heizfaden aufgetragen. Da hierbei nur geringe Heizleistungen erforderlich sind, arbeiten vor allem Batterieröhren mit direkt geheizten Katoden. Heizkreis und Katodenkreis sind galvanisch miteinander verbunden, es ergeben sich deshalb Schwierigkeiten bezüglich der Brummfreiheit. Da Batterieröhren aber meist aus Gleichstromquellen geheizt werden, spielt dieser Nachteil keine Rolle. Die am Wechselstromnetz betriebenen Elektronenröhren sind fast ausschließlich mit einer indirekt geheizten Katode ausgestattet. Dabei heizt der Heizfaden ein isoliertes Röhrchen, auf dem sich die Katodenschicht befindet. Der Heizkreis und der Katodenkreis sind dadurch galvanisch getrennt. Durch den Wärmeverlust ist bei den indirekt geheizten Katoden eine größere Heizleistung erforderlich, was aber bei Netzbetrieb keine allzugroße Rolle spielt. Bild 9 zeigt die Schaltsymbole für die direkt und die indirekt geheizte Katode.
Das Steuergitter ist als Drahtwendel in geringem Abstand um die Katode angeordnet, damit der Elektronenstrom das Steuergitter passieren kann. Die Anode liegt als Blechzylinder um das Steuergitter und schließt damit das Röhrensystem ab.
Die einfachste Elektronenröhre enthält nur eine geheizte Katode und eine Anode. Man bezeichnet sie als Diode oder Zweipolröhre. Durch das fehlende Steuergitter kann der auftretende Elektronenstrom nicht gesteuert werden, da der aber nur in einer Richtung zu fließen vermag, wird diese Zweipolröhre zur Gleichrichtung von Wechselströmen benutzt (Ventilwirkung!). Dioden für größere Spannungen und Ströme sind Netzgleich-

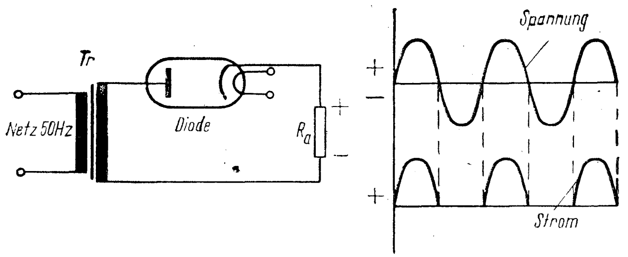


Bild 10. Prinzipdarstellung der Wechselstromgleichrichtung, Spannungsverlauf am Trafo, Stromverlauf durch den Verbraucherwiderstand

richterröhren, die mit einem oder mit zwei Diodensystemen aufgebaut werden. Kleinere Dioden dienen zur Gleichrichtung einer HF-Spannung, z. B. bei der Demodulation in einem Empfänger. Bild 10 zeigt den Vorgang bei der Gleichrichtung einer Wechselspannung. Es wird nur jede zweite Halbwelle durchgelassen. Bei der Zweiweg-Gleichrichtung werden infolge des Gegentakt-Aufbaus zwei Halbwellen durchgelassen. Der gleichgerichtete Strom muß noch durch Siebglieder geglättet werden, da durch die Gleichrichtung nur ein intermittierender Gleichstrom entsteht.

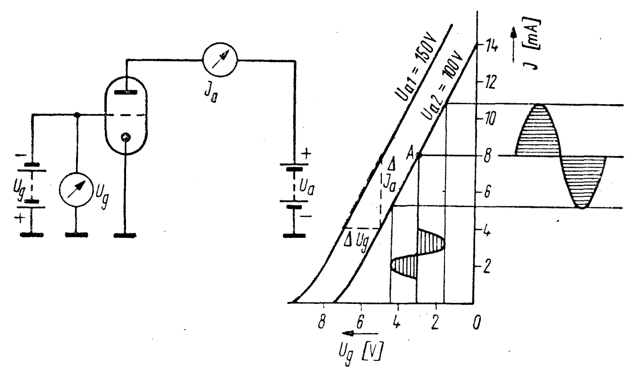


Bild 11. Schaltung einer Triode mit negativer Gittervorspannung (links) und Gitterspannungs-Anodenstrom-Kennlinie einer Triode (rechts), die Gittervorspannung ist negativ

Wird dem Diodensystem ein Steuergitter hinzugefügt, dann entsteht eine Triode oder Dreipolröhre. Jetzt ist eine Beeinflussung des auftretenden Elektronenstromes möglich. Liegt am Gitter eine negative Spannung, dann wird ein Teil der Elektronen nicht durchgelassen, der Elektronenstrom verringert sich also. Durch die Variation der Gittervorspannung kann man damit den Anodenstrom, der durch den Arbeits- bzw. Anodenwiderstand fließt, steuern. Diesen Vorgang veranschaulicht die Gitterspannungs-Anodenstrom-Kennlinie, wie sie in Bild 11 gezeigt wird. Soll eine verzerrungsfreie Verstärkung erfolgen, so muß der Arbeitspunkt A in der Mitte des geradlinigen Teiles der Kennlinie liegen, z. B. bei $U_a = 100$ V und $U_g = -3$ V bzw. bei $U_a = 150$ V und $U_g = -5$ V (siehe Bild 11).

Für die Arbeitsweise einer Elektronenröhre sind mehrere Kenngrößen wichtig. Das ist einmal die Steilheit S. Sie wird definiert als Verhältnis der Anodenstromänderung zur Gittervorspannungsänderung bei einer konstanten Anodenspannung.

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} \text{ bei } U_a = \text{konst.}$$

S = Steilheit in mA/V, ΔI_a = Anodenstromänderung in mA, ΔU_g = Gittervorspannungsänderung in V, U_a = Anodenspannung in V.

Für Bild 11 ergibt sich $\Delta U_g = 7\text{ V} - 5\text{ V} = 2\text{ V}$
und $\Delta I_a = 8\text{ mA} - 4\text{ mA} = 4\text{ mA}$

$$S = \frac{4\text{ mA}}{2\text{ V}} = 2\text{ mA/V}.$$

Eine andere Kenngröße ist der Durchgriff, definiert als

$$D = \frac{\Delta U_g}{\Delta U_a} \cdot 100 \text{ bei } I_a = \text{konst. (D = Durchgriff in \%).}$$

Für Bild 11 gilt wieder $\Delta U_g = 7\text{ V} - 5\text{ V} = 2\text{ V}$
und $\Delta U_a = U_{a1} - U_{a2} = 150 - 100 = 50\text{ V}$

$$D = \frac{2\text{ V} \cdot 100}{50\text{ V}} = 4\%.$$

Eine weitere Kenngröße ist der Innenwiderstand, der definiert wird zu

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \text{ bei } U_g = \text{konst.}$$

Aus Bild 11 erhält man $R_i = \frac{50\text{ V}}{4\text{ mA}} = \frac{50}{0{,}004} = 12\,500\ \Omega = \underline{\underline{12{,}5\text{ k}\Omega}}.$

Die Barkhausensche Formel besagt, daß das Produkt aller drei Kenngrößen gleich Eins ist.

$$S \cdot D \cdot R_i = 1.$$

Dadurch besteht die Möglichkeit, eine Kenngröße zu berechnen, wenn die beiden anderen bekannt sind.

$$2\text{ mA/V} \cdot 0{,}04 \cdot 12{,}5\text{ V/mA} = 1$$
$$0{,}08 \cdot 12{,}5 = 1$$
$$1 = 1.$$

Oft gibt man in Berechnungen an Stelle des Durchgriffes D die Verstärkung μ an.

$$\mu = \frac{1}{D} = S \cdot R_i.$$

Die Verstärkung der Triode ist klein, μ etwa von 17 bis 100.
Außerdem hat die Triode den Nachteil, daß zwischen Steuergitter und Anode eine größere Kapazität auftritt, wodurch sie für die HF-Verstärkung nicht geeignet ist.
Durch das Einfügen eines weiteren Gitters zwischen Steuergitter und Anode kann man diese Nachteile beseitigen. Dieses Gitter, als Schirmgitter bezeichnet, liegt an einer positiven Spannung und schirmt Steuergitter und Katode gegen die Anode ab. Das

Resultat ist eine wesentlich kleinere Steuergitter-Anoden-Kapazität und eine sehr große Verstärkung (μ bis 1000). Man bezeichnet diese Röhre als Tetrode. Da bei der Tetrode Sekundärelektronen vorhanden sind, die aus der Anode beim Aufprall der Elektronen heraustreten, fügt man zwischen Schirmgitter und Anode das Bremsgitter ein, das auf Katodenpotential gelegt wird. Diese Röhre bezeichnet man als Pentode. Sie besteht demnach aus der geheizten Katode, der Anode und den drei Gittern. Die Pentode kann für alle Verstärkungsaufgaben im Niederfrequenzgebiet und im Hochfrequenzgebiet eingesetzt werden.

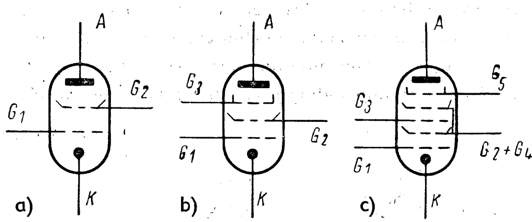


Bild 12. Schaltsymbol der Tetrode (a), der Pentode (b) und der Heptode (c)

Für spezielle Aufgaben benötigt man Elektronenröhren mit noch mehr Gittern. Das ist vor allem die Heptode (Siebenpolröhre), die als Mischröhre im Superhet-Empfänger verwendet wird. Gegenüber der Pentode hat sie ein zweites Steuergitter und ein zweites Schirmgitter. Die beiden zu mischenden Frequenzen werden an je ein Steuergitter geführt, und im Anodenkreis erhält man dann die Mischfrequenz. Bild 12 zeigt die Prinzipschaltbilder für einige Elektronenröhren. Eine weitere spezielle Röhre ist die Abstimmanzeigeröhre (magisches Auge), die als Sendereinstellindikator bei Superhet-Empfängern oder als Anzeigeindikator bei NF-Anlagen oder bei Meßgeräten dient. Als Mehrfachröhren bezeichnet man solche Elektronenröhren, die mehrere Röhrensysteme in einem gemeinsamen Röhrenglaskolben enthalten. Bekannt und viel verwendet sind z. B. die Doppeltrioden, die Triode-Heptode, die Triode-Endpentode, die Doppeldiode und die Dreifachdiode-Triode.

Anwendung der Diode:

Einweg-Netzgleichrichter, HF-Gleichrichter, Meßgleichrichter.

Anwendung der Doppeldiode:

Zweiweg-Netzgleichrichter, HF-Gleichrichter (z. B. Signalgleichrichtung und Regelgleichspannung), Meßgleichrichter.

Anwendung der Triode:

Niederfrequenzverstärkung mit kleinem Verstärkungsfaktor, Oszillator für NF und HF, HF-Verstärkung über 30 MHz in Gitterbasis- bzw. neutralisierter Katodenbasisschaltung.

Anwendung der Doppeltriode:

NF-Verstärkung, NF- und HF-Oszillatoren, HF-Verstärkung über 30 MHz.

Anwendung der Pentode:

NF- und HF-Verstärkung mit großem Verstärkungsfaktor, Oszillator für NF und HF, Leistungsverstärker für NF und HF.

Anwendung der Heptode:

Mischröhre in Superhet-Empfängern.

1.22 Der Transistor

Ein noch sehr junges Bauelement bezüglich seiner Anwendung in der Funktechnik ist der Transistor, ein Halbleiterbauelement. Für die Herstellung von Transistoren werden Einkristalle von Germanium oder Silizium benötigt. Vorwiegend stellt man Transistoren auf Germaniumgrundlage her. Jeder Flächentransistor besteht aus drei Schichten, die

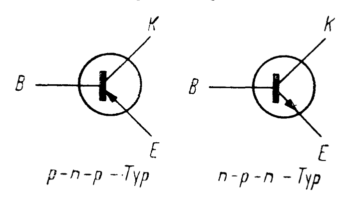


Bild 13. Gebräuchliche Schaltsymbole für die beiden Transistorarten

entweder als p-leitend oder n-leitend bezeichnet werden. Je nach der Anordnung der Schichten unterscheidet man zwischen npn-Transistoren oder pnp-Transistoren. In der DDR werden Transistoren vom Typ pnp hergestellt.
Soll der Kristall eine Leitfähigkeit haben, die auf dem Elektronenstrom basiert, dann muß durch eine künstliche Verunreinigung erreicht werden, daß ein überschüssiges Elektron für den Stromtransport zur Verfügung steht. Man erreicht das durch ein Legieren des vierwertigen Germaniums mit einem fünfwertigen Element, z. B. Arsen oder Antimon, wobei jeweils ein Elektron übrigbleibt. Eine derartige Leitfähigkeit nennt man n-Leitung (negativ), weil ja ein Elektron eine negative Ladung darstellt. Legiert man dagegen das reine Germanium mit einem dreiwertigen Element, z. B. Indium, so entstehen infolge Fehlens eines Elektrons Löcher. Bisher war nicht bekannt, daß auch diese Löcher zum Stromtransport beitragen. Es tritt eine Wanderung dieser Elektronenleerplätze (Löcher) der Kristallgitteratome auf, wobei die Leitfähigkeit einer p-Leitung (positiv) entspricht. Positiv daher, weil die Löcher im Gegensatz zu den Elektronen stehen. Diese „Löcher“ bezeichnet man deshalb als Defektelektronen.
Um zu zeigen, welchen Reinheitsgrad das Ausgangsmaterial Germanium haben muß, sei festgestellt, daß das Ausgangsmaterial auf 10 Milliarden Ge-Atome nur ein Fremdatom haben darf, wenn man anschließend definierte Verunreinigungen einlegieren will. Den Legierungsvorgang nennt man „Dotierung“. Die erreichte Leitfähigkeit durch die Dotierung ist wesentlich geringer als bei Metallen, man sagt deshalb, daß das Material halbleitend ist und reiht die Transistoren in die Kategorie der Halbleiter ein. Das Schaltsymbol für den Transistor zeigt Bild 13.
Hat man z. B. in einem Kristallplättchen zwei aufeinanderfolgende Zonen mit verschiedener Leitfähigkeit (Bild 14), so entsteht der Gleichrichtereffekt. Je nach dem

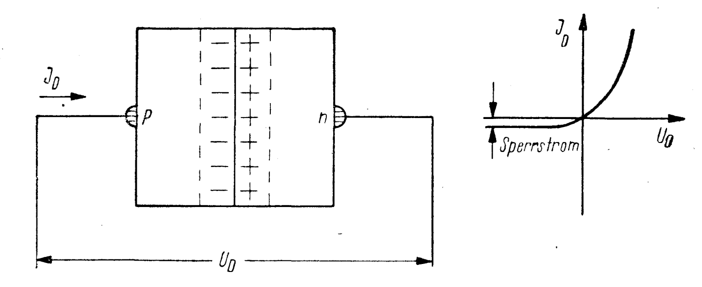


Bild 14. Gleichrichtereffekt an zwei aufeinanderfolgenden Zonen verschiedener Leitfähigkeit

Potential einer von außen angelegten Spannung fließen Defektelektronen von der p-leitenden Zone zur n-leitenden Zone (bei positivem Potential an p) oder nur ein sehr geringer Reststrom (bei negativem Potential an p).

Bei einem Transistor sind zwei solcher Zonenübergänge vorhanden, z. B. p+n+p, wobei die mittlere Zone, die den beiden äußeren gemeinsam ist, als Basis (B) bezeichnet wird. Die Basiszone ist so dünn, daß bei entsprechender Vorspannung Defektelektronen von der einen p-Zone durch die n-Zone zur anderen p-Zone wandern können. Bild 15

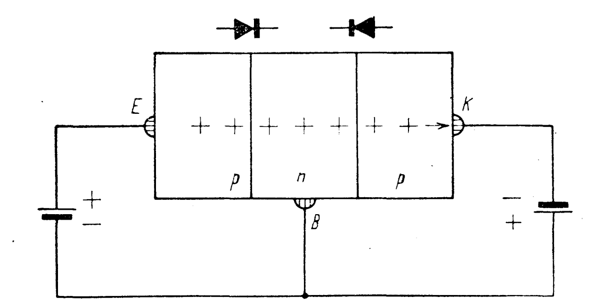


Bild 15. Prinzipieller Aufbau eines p-n-p-Transistors

zeigt das Prinzip des Transistor-Aufbaus. Durch die angelegten Vorspannungen arbeitet der erste Übergang als Diode in Durchlaßrichtung, der zweite Übergang als Diode in Sperrichtung. Die erste p-Zone bezeichnet man als Emitter-Elektrode (E), die zweite p-Zone als Kollektor-Elektrode (K) des Transistors. Der Transistor hat also drei Elektroden; Emitter, Basis und Kollektor.

Die Transistoren können für die gleichen Aufgaben eingesetzt werden wie die Elektronenröhren, also zur Erzeugung, Gleichrichtung und Verstärkung. Da der Transistor wesentlich kleiner als eine Elektronenröhre ist und außerdem keine Heizleistung benötigt, erweist er sich als wesentlich vorteilhafter. Auch sind die Betriebsspannungen bei Transistoren bedeutend geringer. So arbeiten die meisten Transistorschaltungen mit Gleichspannungen von etwa 1,5 bis 9 V, die man bequem einer Batterie entnehmen kann. Dadurch kann der Transistor vor allem bei kleinen, tragbaren Geräten verwendet werden.

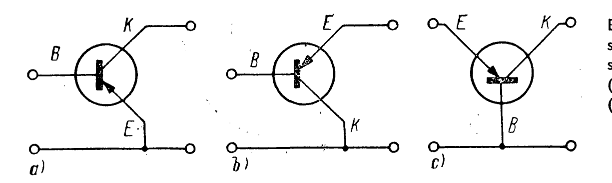


Bild 16. Die drei Grundschaltungen des Transistors, (a) Emitterschaltung, (b) Kollektorschaltung, (c) Basisschaltung

Da bei einem Transistor die Steuerung nicht mehr leistungslos erfolgt wie bei der Elektronenröhre, wirkt der Transistor in erster Linie als Leistungsverstärker. Eine wichtige Kenngröße ist hier die Stromverstärkung β, die das Verhältnis von Kollektorstromänderung zu Basisstromänderung bei der Emittergrundschaltung darstellt. Von einem guten Transistor verlangt man, daß der Stromverstärkungsfaktor möglichst groß ist, etwa 20 bis 100. Ähnlich wie bei der Elektronenröhre unterscheidet man beim Transistor drei Grundschaltungen, die Emitterschaltung, die Kollektorschaltung und die Basisschaltung (Bild 16).
Die meist verwendete Schaltungsart ist die Emitterschaltung. Ein sehr kleiner Basisstrom steuert dabei einen um den Stromverstärkungsfaktor größeren Kollektorstrom. Der Eingangswiderstand hat mittlere Werte, der Ausgangswiderstand ist groß, die erreichbare Grenzfrequenz dagegen niedrig. Die Spannungsverstärkung liegt zwischen 100 und 500, die Stromverstärkung etwa zwischen 10 und 30. Die Leistungsverstärkung erreicht dadurch große Werte (etwa 10000fach). Die Emitterschaltung wird deshalb dort angewendet, wo man eine hohe Verstärkung benötigt.
Die Kollektorschaltung hat den Vorzug eines hohen Eingangswiderstandes. So kann mit einem Stromverstärkungsfaktor von etwa 50 und einem Arbeitswiderstand von 5 kOhm ein Eingangswiderstand von 250 kOhm erreicht werden. Der Ausgangswiderstand ist allerdings niedrig. Die Spannungsverstärkung bleibt kleiner als 1, die Stromverstärkung liegt zwischen 10 und 30. Dadurch erzielt man auch nur eine geringe Leistungsverstärkung. Die Kollektorschaltung wird deshalb z. B. für Impedanzwandler verwendet.
Die Basisschaltung hat einen kleinen Eingangswiderstand und einen sehr großen Ausgangswiderstand. Die Spannungsverstärkung liegt zwischen 100 und 500, dagegen ist die Stromverstärkung stets kleiner als 1, wodurch ebenso wie bei der Kollektorschaltung eine niedrige Leistungsverstärkung auftritt.
Gegenüber der Emitterschaltung läßt sich allerdings eine um den Faktor β größere Grenzfrequenz erzielen. Deshalb findet man die Basisschaltung vor allem bei HF-Oszillatoren.
Transistoren für höhere Frequenzen werden nach einer anderen Technologie hergestellt, es sind entweder Drift- oder diffusionslegierte Transistoren. Mit diesen Transistoren weitet sich das Anwendungsgebiet der Transistoren bis in das UKW-Gebiet aus. Den an der Transistortechnik interessierten Lesern sei das Buch von H.-J. Fischer „Transistortechnik für den Funkamateur" empfohlen.
Welche Transistoren werden in der DDR hergestellt, und wofür kann man sie verwenden?

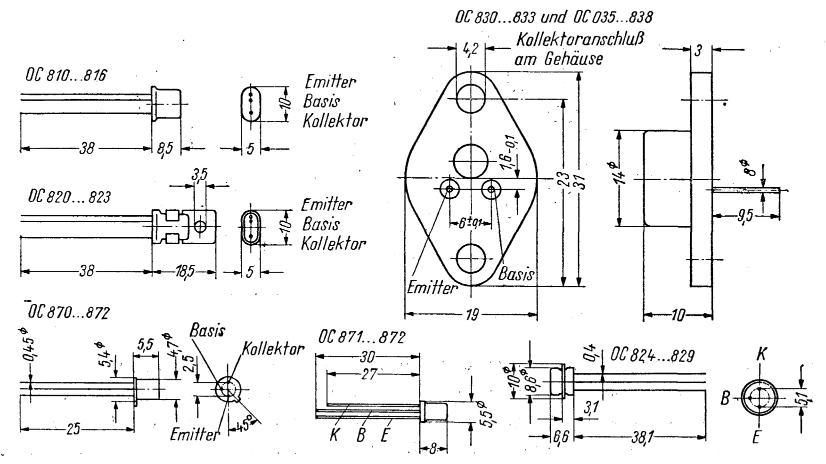


Bild 17. Transistor-Bauformen der DDR-Fertigung

Mit Beginn des Jahres 1961 stellte man die Fertigung von Transistoren in der flachen, rechteckigen Bauform ein und fertigte nur noch Transistoren in runder Bauform. Die Transistoren in runder Bauform haben eine größere Verlustleistung und ersetzen die bisherigen Transistoren vollwertig. Transistoren werden hergestellt für die Anwendung im Niederfrequenzbereich bis zu Leistungen von 4 W. Bei den für Hochfrequenz geeigneten Transistoren fertigt man Typen bis etwa 7 MHz. Transistoren für den KW- und UKW-Bereich sind in Vorbereitung.
Im Tabellenanhang dieses Buches sind die wichtigsten Werte der handelsüblichen Transistoren der DDR-Fertigung aufgeführt. Bild 17 zeigt die Bauformen der DDR-Transistoren und ihre Anschlüsse.
Neben den listenmäßig gefertigten Transistoren werden auch Transistoren ohne Bezeichnung für den Bedarf des Bastlers ausgeliefert. Dabei handelt es sich meist um Transistoren, die außerhalb der Fertigungstoleranzen liegen. Für viele Anwendungszwecke des Bastlers sind diese Transistoren aber durchaus brauchbar; dazu kommt, daß sie verbilligt zu haben sind.

1.23 Der Geradeausempfänger

Die Industrie fertigt heute keine Geradeausempfänger mehr. Aber den Radiobastler interessiert diese Schaltung noch, weil sie einfach im Aufbau ist und einen befriedigenden Rundfunkempfang ermöglicht. Der Anfänger kann sich beim Aufbau dieser Schaltung die ersten Sporen verdienen und lernt die Zusammenhänge kennen.
Der einfache Geradeausempfänger besteht aus einer Audionstufe und einer Niederfrequenz-Endstufe. Bild 18 zeigt die prinzipielle Schaltung eines derartigen Einkreisers. Die Audionstufe hat dabei die Aufgabe, die der Senderwelle aufmodulierte Niederfrequenz zurückzugewinnen und damit den NF-Endverstärker auszusteuern.

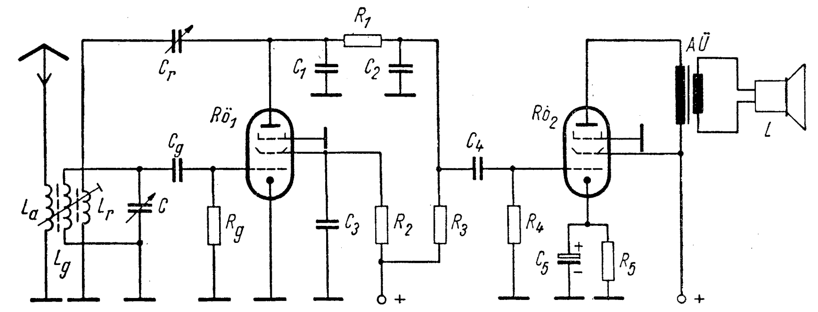


Bild 18. Prinzipschaltbild eines Einkreis-Empfängers

Die Antenne wird meist induktiv an den Audion-Schwingkreis angekoppelt (L_a). Der Schwingungskreis besteht aus der Spule L_g und dem Drehkondensator C, mit dessen Hilfe der Schwingungskreis abgestimmt wird. Damit der Schwingungskreis gleichstrommäßig vom Steuergitter der Audionröhre getrennt ist, erfolgt eine Ankopplung über den Kondensator C_g. Fehlte dieser, dann käme infolge Kurzschluß des Gitterableitwiderstandes über die Spule L_g kein Gleichrichtereffekt zustande. Die Gleichrichtung erfolgt an der Gitter-Katodenstrecke. An der Anode wird die verstärkte Niederfrequenz über ein RC-Siebglied (C_1, R_2, C_2) entnommen und der Endröhre zugeführt.
Um die Empfindlichkeit des Audions zu steigern, wird meist eine Rückkopplung verwendet. Dazu führt man die an der Anode auftretenden HF-Reste über den Drehkondensator C_r und die Spule L_r an den Audionschwingkreis gleichphasig zurück. Dadurch wird der Schwingkreis entdämpft, und man erhält eine wesentlich höhere NF-Spannung. Die Rückkopplung kann durch den Drehkondensator C_r geregelt und bis knapp unterhalb der Selbsterregung eingestellt werden, wobei sich maximale Ergebnisse erzielen lassen. Ist die Rückkopplung sehr handempfindlich, dann sollte man den Drehkondensator in die masseseitige Zuleitung der Spule L_r schalten. Hierbei braucht man auch den Rotor des Rückkopplungs-Drehkondensators nicht zu isolieren. Eine andere Rückkopplungsmöglichkeit besteht darin, mittels eines Potentiometers die Schirmgitterspannung der Audionröhre veränderbar zu machen. C_r ist dann ein Festkondensator. Von dieser Schaltungsart wird bei KW-Empfängern gern Gebrauch gemacht.
Eine weitere Steigerung der Empfindlichkeit und Trennschärfe ist möglich, wenn man vor das Audion eine ebenfalls abstimmbare HF-Stufe setzt. Damit erhalten wir einen Zweikreisempfänger. Da beide Schwingungskreise auf der gleichen Frequenz arbeiten, sind besondere Abschirmmaßnahmen gegen eine ungewollte Selbsterregung erforderlich. Die Abstimmung der beiden Schwingkreise wird mit einem Zweifach-Drehkondensator vorgenommen. Für die Audionstufe und die HF-Stufe verwendet man moderne Miniaturröhren, wie EF 80, EF 85 oder EF 89. Als Endröhre wird meist die Röhre EL 84, bei kleineren Leistungen die Röhre EL 95 verwendet. Will man den NF-Verstärker qualitativ besser gestalten, so stehen Verbundröhren, wie ECL 81 oder ECL 82, zur Verfügung, bei deren Anwendung man auf einfache Weise den NF-Verstärker zweistufig auslegen kann.

Geradeausempfänger werden für die Wellenbereiche Kurz-Mittel-Lang gebaut und verwendet. Vor allem als Kurzwellenempfänger erfreut sich der Geradeausempfänger bei den KW-Höramateuren großer Beliebtheit. Eine Anwendung des Geradeausempfängers im UKW-Bereich hat keinen Sinn, weil dafür die Empfindlichkeit nicht ausreicht. Außerdem würden Störungen in den Fernseh-Empfangsbereichen auftreten, die den Fernsehempfang in der Nachbarschaft beeinträchtigen. Für den Anfänger im Radiobasteln ist der Selbstbau eines Einkreisers auf jeden Fall zu empfehlen, da sich daraus großer praktischer Nutzen erzielen läßt. Im zweiten Teil dieses Buches sind deshalb einige Bauanleitungen und Schaltungsvorschläge enthalten.

1.24 Der Superhet-Empfänger

Durch die Überbelastung mit Rundfunksendern in den einzelnen Wellenbereichen müssen heute an einen Rundfunkempfänger hohe Anforderungen gestellt werden.
Das ist einmal eine genügend große Empfindlichkeit, um den Empfang z. B. weit entfernter Amateurstationen zu ermöglichen, zum anderen muß eine genügend große Trennschärfe vorhanden sein, damit man sich eine Station aus dem dichtbesetzten Band herausfischen kann. Eine Erhöhung von Trennschärfe und Empfindlichkeit erreicht man durch mehr Röhren und Schwingungskreise. Um also bei dem Geradeausempfänger brauchbare Ergebnisse zu erzielen, müßte man mehrere HF-Stufen vor der Audionstufe anwenden. Doch da ergeben sich Schwierigkeiten. Beim Geradeausempfänger hat zwischen allen Schwingungskreisen Gleichlauf zu herrschen. Das erreicht man aber mit den bescheidenen Mitteln des Amateurs nur ungenügend. Außerdem läßt es sich trotz sorgfältigen Aufbaus nicht vermeiden, daß die Röhrenstufen ins Schwingen geraten. Eine weitere Leistungssteigerung kann man daher nur mit dem Überlagerungsprinzip erreichen.
Wenn man zwei Schwingungen überlagert, so entstehen aus der Summe oder der Differenz zwei neue Schwingungen. Wir haben z. B. die Schwingung $f_1 = 3968$ kHz und $f_2 = 3500$ kHz. Bei der Überlagerung entstehen die Schwingungen

$$f_3 = f_1 + f_2 = 3968 + 3500 = 7468 \text{ kHz}$$

und

$$f_4 = f_1 - f_2 = 3968 - 3500 = 468 \text{ kHz}.$$

Diese Kenntnis wendet man beim Überlagerungsempfang an. Im Empfangsgerät wird mit Hilfe eines Oszillators eine Frequenz f_o erzeugt. Diese überlagert man mit der Eingangsfrequenz f_e in einer Mischröhre. Die dabei entstehende Differenzfrequenz f_z bezeichnet man als die Zwischenfrequenz. Als Größe der Zwischenfrequenz wurde die Frequenz von 468 kHz festgelegt. Nun kann bei einer festliegenden Zwischenfrequenz die Oszillatorfrequenz unterhalb oder oberhalb der Eingangsfrequenz liegen. Wir merken uns den Grundsatz, daß die Oszillatorfrequenz immer höher als die Eingangsfrequenz liegt.
Der große Vorteil der Umwandlung der Eingangsfrequenz in eine Zwischenfrequenz ist der Gewinn an Trennschärfe. Dieser Gewinn ist um so größer, je mehr Abstand zwischen Eingangsfrequenz und Zwischenfrequenz besteht. Arbeitet z. B. ein Sender auf

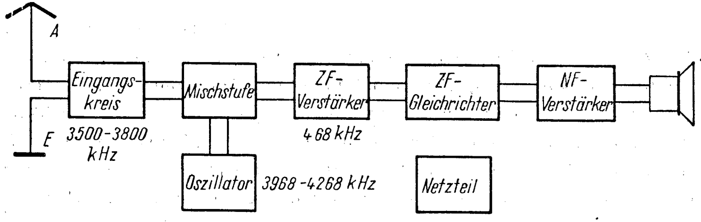


Bild 19. Prinzipschema für einen Superhet-Empfänger

der Frequenz 900 kHz und ein anderer auf der Frequenz 909 kHz, so ist der Frequenzabstand 9 kHz, also 1 Prozent. Bei der Umwandlung der Eingangsfrequenz auf eine ZF von 450 kHz liegt der eine Sender bei 450 kHz, der andere bei 459 kHz.
Der Frequenzabstand macht hier schon 2 Prozent aus. Wählen wir eine ZF von 90 kHz, so liegt der eine Sender bei 90 kHz und der andere bei 99 kHz. Der Frequenzabstand beträgt hierbei 10 Prozent. Ein anderer Vorteil ist der einfache Aufbau des ZF-Verstärkers, da alle Schwingungskreise auf eine feste Frequenz abgestimmt sind.
Bild 19 zeigt das Prinzipschema für einen Superhet-Empfänger. Von der Antenne gelangt die HF über den Eingangskreis in das erste Steuergitter der Mischröhre. Als Mischröhre wird meist eine Sechspolröhre verwendet, die zusammen mit einem Triodensystem in einem Glaskolben untergebracht ist (ECH 81). Das Triodensystem dient zur Erzeugung der Oszillatorfrequenz. Aus Bild 19 entnehmen wir, daß der Eingangskreis den Bereich von 3500 bis 3800 kHz bestreicht. Damit wir bei jeder Eingangsfrequenz eine ZF von 468 kHz erhalten, hat die Oszillatorfrequenz für jede Eingangsfrequenz um 468 kHz höher zu liegen als diese. Der Oszillatorkreis muß daher den Bereich von 3968 bis 4268 kHz bestreichen. Da wir eine Einknopfabstimmung haben wollen, sitzen Eingangs- und Oszillator-Drehkondensator auf einer Achse. Damit zwischen den Frequenzen Gleichlauf vorhanden ist, hat der Oszillator-Drehkondensator ein kleineres Plattenpaket, oder er wird durch Parallel- und Serienkondensator elektrisch verkürzt. Die Mischröhre besitzt zwei Steuergitter. Bekanntlich dient das Steuergitter einer Elektronenröhre zur Steuerung des Elektronenstromes. Bei der Sechspolröhre wird der Elektronenstrom durch zwei Steuergitter beeinflußt. Am ersten Steuergitter liegt die Eingangsfrequenz 3500 kHz, am zweiten Steuergitter die Oszillatorfrequenz 3968 kHz. An der Anode der Mischröhre sind dann die Überlagerungsfrequenzen 468 kHz und 7468 kHz vorhanden. Da wir die Differenzfrequenz 468 kHz als ZF benutzen, ist der Anodenkreis auf diese Frequenz abgestimmt. Die Summenfrequenz besitzt hiervon genügend Abstand und bleibt daher unwirksam.
Der ZF-Verstärker stellt einen auf die ZF abgestimmten HF-Verstärker dar. Als Abstimmkreise werden meist Bandfilter benutzt. Das sind induktiv oder kapazitiv gekoppelte Schwingungskreise. An Hand des Kopplungsgrades dieser Bandfilter läßt sich die Durchlaßbandbreite des ZF-Verstärkers einstellen. Je nach Forderung an Trennschärfe und Empfindlichkeit führt man den ZF-Verstärker ein- oder mehrstufig aus. Zur weiteren Erhöhung der Trennschärfe bei Empfang von Telegrafiezeichen kann man ein Quarzfilter in den ZF-Verstärker einbauen.

Bei Wahl der Zwischenfrequenzgröße sind mehrere Punkte zu beachten. Eine zu kleine ZF empfiehlt sich nicht wegen der dann auftretenden ungünstigen Spiegelfrequenzverhältnisse. Die Spiegelfrequenz stellt die unangenehmste Störung beim Superhet dar. Wir sagten bereits, daß die Oszillatorfrequenz um die ZF höher liegt als die Empfangsfrequenz. Die Spiegelfrequenz liegt dann spiegelbildlich zur Oszillatorfrequenz, also um die ZF höher als diese. Benutzen wir eine ZF von 100 kHz, so ergibt sich bei einer Empfangsfrequenz von 500 kHz die Oszillatorfrequenz mit 600 kHz, die Spiegelfrequenz mit 700 kHz. Sie ist also um die doppelte Größe der ZF von der Empfangsfrequenz entfernt. Gelangen beide Frequenzen (500 kHz und 700 kHz) bei nicht genügender Vorselektion bis zur Mischstufe, so bildet sich unter dem Einfluß der Oszillatorfrequenz von 600 kHz aus beiden Frequenzen die ZF von 100 kHz. Liegt nun in der Nähe der Spiegelfrequenz ein Sender, dann entsteht bei der Abstimmung des Empfängers das bekannte Einpfeifen. Abhilfe schafft hier nur eine genügend große Vorselektion, die natürlich mit erheblichem Mehraufwand verbunden ist.

Deshalb wählt man für die Größe der ZF eine Frequenz zwischen 460 und 470 kHz. Die Spiegelfrequenz liegt dann außerhalb des Empfangsbereiches. Nur im Kurzwellenbereich können nun noch Störungen durch die Spiegelfrequenz entstehen. Für den Kleinsuper wählt man eine noch größere ZF, z. B. 1600 kHz. Die Spiegelfrequenz liegt hierbei so weit ab, daß man das Einbereich-Superhet-Prinzip anwenden kann. Die Stationsauswahl erfolgt prinzipiell durch die Oszillatorfrequenz. Es kann daher bei dieser hohen ZF auf einen abstimmbaren Eingangskreis verzichtet werden. Es genügt hier ein für den zu empfangenden Frequenzbereich abgestimmtes Eingangsfilter. Bei hoher ZF müssen allerdings geringere Verstärkung und Trennschärfe in Kauf genommen werden.

Der ZF-Verstärker hat zwei Aufgaben zu erfüllen. Einmal soll die Verstärkung so groß sein, daß die Demodulationsstufe richtig ausgesteuert wird. Zum anderen soll die der ZF aufmodulierte Modulationsfrequenz gleichmäßig verstärkt werden. Dieser Aufgabe würde eine rechteckige Durchlaßkurve des ZF-Verstärkers entsprechen. Innerhalb der Bandbreite dieser rechteckigen Durchlaßkurve wäre die Verstärkung gleichmäßig, während sie außerhalb dieser gleich Null ist. Diese rechteckige Kurve läßt sich aber nur annähernd erreichen. Verwendet man Einzelkreise zur Kopplung im ZF-Verstärker, so müssen diese auf verschiedene Frequenzen abgestimmt werden, wenn man eine genügende Bandbreite und Flankensteilheit erzielen will. Vorteilhafter ist die Anwendung gekoppelter Schwingungskreise, sogenannter Bandfilter. Mit ihrer Hilfe läßt sich eine Annäherung an die ideale Rechteckkurve erreichen. Die Bandfilter sind meist auf die Frequenz von 468 kHz abgestimmt. Im Handel bekommt man sie in mehreren Ausführungen. Meist werden induktiv gekoppelte Bandfilter verwendet. Sind die Bandfilter lose gekoppelt, so ähnelt die Durchlaßkurve der eines Einzelkreises. Mit zunehmender Kopplung tritt an einem Punkt die kritische oder Grenz-Kopplung auf. Die Durchlaßkurve hat dann die erwünschte Bandbreite und eine große Flankensteilheit. Mit fester werdender Kopplung wird die Bandbreite größer, und es treten Höcker auf. Die handelsüblichen Bandfilter besitzen Kondensatoren mit festem Wert, während die Spulenwerte mittels Abgleichkern veränderbar sind. Beim Abgleichen des ZF-Verstärkers werden diese Abgleichkerne zur Abstimmung benutzt.

Der ZF-Verstärker läßt sich natürlich mit weiteren Feinheiten ausrüsten. Für die Empfangsbeurteilung kann man ein S-Meter oder ein magisches Auge einbauen. Zum Empfang von Telegrafiezeichen wird der ZF-Verstärker mit einem Quarzfilter ausgerüstet. Damit läßt sich eine extreme Trennschärfe bei Telegrafieempfang erreichen. Da viele Amateure die Schmalband-Frequenzmodulation (NFM) benutzen, wird man — um optimale Ergebnisse zu erzielen — den ZF-Verstärker mit einem aus der UKW-Technik bekannten Diskriminator versehen. Der Einbau einer der bekannten Störbegrenzungsschaltungen reduziert die Störgeräusche auf ein Minimum.
Die Demodulation, also die Trennung von HF-Träger und Modulationsfrequenz, kann durch die bekannten Demodulationsschaltungen erfolgen; entweder durch die Gittergleichrichtung (Audion), die Anodengleichrichtung oder die Diodengleichrichtung. Da durch die große Verstärkung der Superhetschaltung am Ausgang des ZF-Verstärkers eine große ZF-Spannung zur Verfügung steht, verwendet man zur Gleichrichtung meist die Diodenschaltung. Man benutzt eine Doppeldiode, deren eine Diodenstrecke die ZF gleichrichtet, während die andere Diodenstrecke zur Erzeugung der Schwungregelspannung herangezogen wird (automatische Verstärkungsregelung).
Da im Telegrafieverkehr die Amateursender meist unmodulierte Zeichen aussenden, würde bei der Gleichrichtung der ZF keine Niederfrequenzspannung zur Verfügung stehen. Man überlagert deshalb die ZF vor der Demodulation mit einer Hilfsfrequenz, die gegenüber der ZF um etwa 800 bis 1000 Hz entfernt ist. Diese Hilfsfrequenz wird in einer besonderen Röhre erzeugt. Man bezeichnet diese Stufe als ZF-Überlagerungsstufe. Die Ankopplung an die ZF kann induktiv oder kapazitiv erfolgen. Der ZF-Überlagerer wird selbstverständlich abschaltbar gemacht, da er bei Empfang modulierter Telegrafie oder bei Telefonieempfang stören würde.
An den ZF-Gleichrichter schließt sich der Niederfrequenzverstärker an. Ein Netzteil versorgt alle Stufen der Superhet-Empfängers mit den notwendigen Betriebsspannungen. Durch die Mehrdeutigkeit des Mischvorganges erheben sich Störungen. Diese machen sich durch mehr oder weniger stark ausgeprägte Pfeifstellen bemerkbar. Die Ursachen dafür sind kurz folgende:

a) Spiegelfrequenz,
b) Sender auf der ZF,
c) Oberwellen von Sendern,
d) Oberwellen des Oszillators,
e) Oberwellenbildung in der Mischstufe.

Kommen wir nun zu einigen Schaltungsfragen. Bild 20 zeigt mehrere Ankopplungsmöglichkeiten für die Antenne an den Superhet-Empfänger. Meist angewendet wird die induktive Antennenankopplung (a), bei der die Schwingkreisspule eine Antennen- und eine Gitterwicklung besitzt. Je nach Größe der Antennenspule spricht man von einer niederinduktiven und einer hochinduktiven Ankopplung. Bei der niederinduktiven Antennenspule liegt bei einer gedachten Parallelkapazität von etwa 200 pF die Resonanzfrequenz oberhalb des Empfangsbereiches. Außerdem ergibt sich durch die größere Windungszahl der Gitterspule eine Transformation der Antennenspannung. Allerdings ist diese Schaltungsart stark frequenzabhängig. Die niederinduktive Ankopplung wird

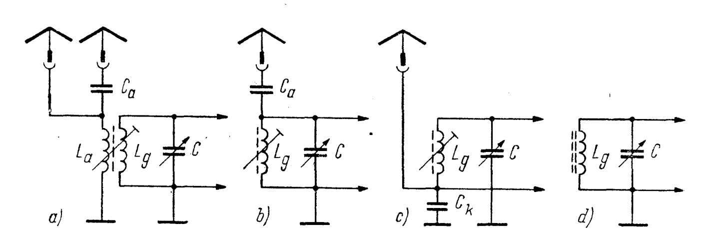


Bild 20 (oben). Ankopplungsmöglichkeiten der Antenne an den Empfängereingang

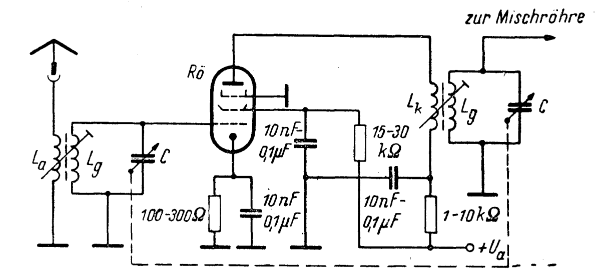


Bild 21 (rechts). Hochfrequenz-Vorstufe für einen Superhet-Empfänger

deshalb vor allem im Kurzwellenbereich angewendet. Bei Mittel- und Langwellen benutzt man heute vorwiegend die hochinduktive Antennenankopplung, wobei die Resonanzfrequenz unterhalb des Empfangsbereiches liegt. Verwendet man eine längere Antenne, so kann diese durch eine Kapazität C_a verkürzt werden. Der Kondensator hat eine Größe von 50 bis 500 pF.

Bei der kapazitiven Antennenankopplung (b) entfällt zwar die Antennenspule, aber die Frequenzabhängigkeit und die Beeinflussung des Schwingungskreises ist groß. Deshalb wird diese Ankopplungsart nur selten angewendet. Der Kondensator muß sehr klein sein (5 bis 20 pF), damit die Trennschärfe sich nicht verschlechtert. Bild 20c zeigt die kapazitive Stromkopplung, die man wegen ihrer Einfachheit gern bei Kleinsupern benutzt. Der Kondensator C_k hat dabei eine Größe von etwa 5 nF. Um eine Brumm-Modulation zu vermeiden, schaltet man diesem Kondensator meist einen Widerstand von einigen kOhm parallel. Bild 20d zeigt die Schaltung einer Ferritantenne, wie sie vor allem bei tragbaren Geräten angewendet wird.

Soll die Trennschärfe und die Empfindlichkeit eines Superhet-Empfängers verbessert werden, so empfiehlt sich die Anwendung einer HF-Vorstufe vor der Mischröhre. Bild 21 zeigt eine dafür geeignete Schaltung. Da Eingangskreis, Zwischenkreis und Oszillatorkreis abgestimmt werden müssen, ist bei Anwendung einer HF-Vorstufe ein Dreifachdrehkondensator erforderlich. In der HF-Stufe können als geeignete Elektronenröhren die EF 80, EF 85 oder EF 89 verwendet werden. Soll die Empfindlichkeit regelbar sein, dann empfiehlt sich die Anwendung eines Potentiometers im Katodenkreis. Die Ankopplung an den Gitterkreis der Mischröhre (Zwischenkreis) geschieht induktiv durch die Koppelspule L_k. Die Ankopplung kann auch kapazitiv mit maximal 20 pF erfolgen, wobei die Spule L_k entfällt. An Stelle der Kopplungsspule kann eine entsprechende HF-Drossel oder ein Ohmscher Widerstand als Arbeitswiderstand eingesetzt werden.

Beim modernen Superhet wird meist die multiplikative Mischung benutzt. Bild 22 zeigt die entsprechende Schaltung mit dem zugehörigen Oszillator. Die Eingangsfrequenz f_e und die Oszillatorfrequenz f_o werden dabei getrennt den beiden Steuergittern des Heptodenteiles zugeführt. An der Anode wird die entstehende Zwischenfrequenz über ein ZF-Bandfilter ausgesiebt, um dann zum ZF-Verstärker zu gelangen. Die Oszillatorfrequenz wird meist in der induktiven Rückkopplungsschaltung erzeugt. Am ersten Steuergitter kann die vom Demodulator kommende Schwundregelspannung zur automatischen Lautstärkeregelung zugeführt werden. Dabei muß man den Schwingkreis kapazitiv vom Steuergitter trennen, damit nicht die Regelspannung über die Schwingkreisspule kurzgeschlossen wird.
Eine ZF-Verstärkerstufe zeigt Bild 23. Im Gitter- und im Anodenkreis liegt jeweils ein ZF-Bandfilter. Soll die Röhre geregelt werden, so führt man dem Steuergitter die

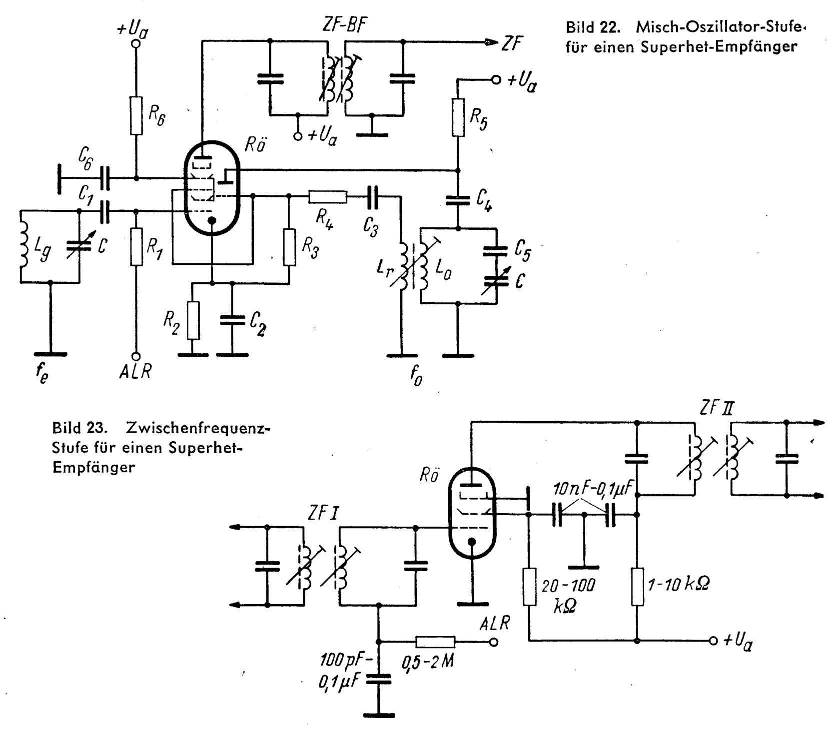
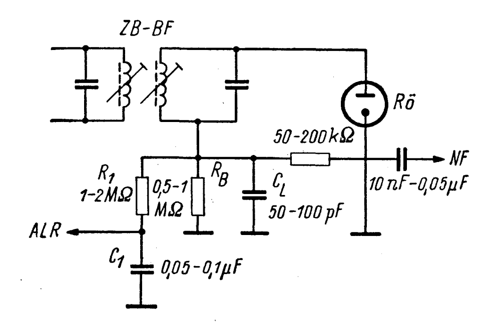


Bild 22. Misch-Oszillator-Stufe für einen Superhet-Empfänger

Bild 23. Zwischenfrequenz-Stufe für einen Superhet-Empfänger

Regelspannung zu. Die Schirmgitter- und die Anodenspannung wird über Vorwiderstände zugeführt. Dabei ist auf eine ausreichende Siebung zu achten. Als Röhren eignen sich die HF-Pentoden der 80er-Serie.
Die Gleichrichtung des ZF-Signales erfolgt beim Superhet in einer Diodenschaltung, da eine genügend große Spannung zur Verfügung steht. Nur bei Kleinsupern findet man

Bild 24. Demodulator-Stufe eines Superhet-Empfängers. Die Regelspannungserzeugung erfolgt unverzögert



manchmal zur Gleichrichtung die Audionschaltung. Da man in kombinierten AM/FM-Empfängern für die AM-Gleichrichtung nur ein Diodensystem zur Verfügung hat, zeigt Bild 24 eine geeignete Demodulationsschaltung. Dabei wird sowohl die NF-Spannung als auch die Schwundregelspannung gewonnen. Schwingungskreis, Diodensystem und Belastungswiderstand R_B sind dabei in Serie geschaltet. Der Ladekondensator C_L befreit die NF-Spannung von den restlichen HF-Spannungen. Die sich am Belastungswiderstand aufbauende Richtspannung wird durch eine Siebkette (R_1 — C_1) von der Modulation befreit und gelangt als Gleichspannung (Regelspannung) zu den Vorröhren. Die Größe der Richtspannung ist abhängig von der Eingangsspannung des Empfängers. Geht z. B. durch Schwunderscheinungen die Eingangsspannung zurück, so würde das ohne Regelspannung einen Lautstärkeabfall zur Folge haben. Bei Anwendung der Regelspannung wird aber bei kleinerer Eingangsspannung auch die Richtspannung niedriger, wodurch dann die Röhren aufgeregelt werden und mit höherer Verstärkung arbeiten. Durch die Anwendung einer Regelspannung erzielt man also eine gleichbleibende Lautstärke auch bei Schwunderscheinungen.
Die nach Bild 24 erzeugte Regelspannung ist unverzögert und spricht deshalb sofort auf jede Änderung an. Da aber immer eine bestimmte Regelspannung vorhanden ist, hat der Empfänger nie seine volle Empfindlichkeit. Stehen für die Demodulation zwei Diodensysteme zur Verfügung, so kann man zur Regelspannungserzeugung ein getrenntes Diodensystem verwenden. Diese Diode erhält eine kleine negative Vorspannung. Dann muß die Eingangsspannung so groß sein, daß dieser Schwellwert überschritten wird und die Regelung einsetzen kann. Bei schwachen Eingangssignalen ist aber noch keine Regelspannung vorhanden, und der Empfänger arbeitet mit der größten Empfindlichkeit. Diese Regelungsart bezeichnet man als die „verzögerte Regelung“.
Die Sender im UKW-Bereich von etwa 85 bis 100 MHz sind frequenzmoduliert. Da die Modulation nun die Trägerwelle nicht mehr in der Amplitude, sondern in der Frequenz ändert, muß die Demodulationsschaltung anders aufgebaut sein. HF-, Misch-, Oszillator- und ZF-Stufen arbeiten in der gleichen Weise wie beim reinen AM-Empfänger, allerdings unter Berücksichtigung der höheren Frequenzen. Die Zwischenfrequenz im UKW-Bereich beträgt 10,7 MHz. Von den FM-Demodulationsschaltungen hat sich der Ratiodetektor durchgesetzt, wie ihn Bild 25 zeigt. Diese Schaltung, die oft auch als Verhältnisgleichrichter bezeichnet wird, benötigt ein spezielles ZF-Bandfilter mit einer

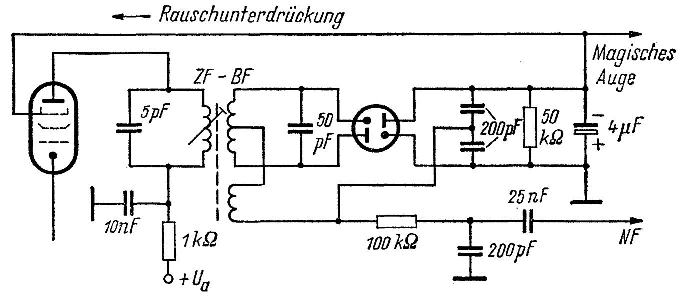


Bild 25. Schaltung des Ratio-Detektors eines UKW-Empfängers

Koppelspule sowie zwei getrennte niederohmige Diodensysteme. An dem Elektrolytkondensator von 4µF entsteht eine Gleichspannung, die dem Steuergitter einer Abstimmanzeigeröhre zugeführt werden kann. Außerdem wird das starke Rauschen bei der Abstimmung des Empfängers besser unterdrückt, wenn man diese Spannung dem Bremsgitter der letzten ZF-Röhre zuführt. Da die UKW-Sender die höheren Modulationsfrequenzen verstärkt abstrahlen (Preemphasis), liegt im NF-Ausgang ein RC-Glied zur Korrektur (Deemphasis, 100 kOhm/200 pF).

1.25 Der Niederfrequenzverstärker

Bei den Niederfrequenzverstärkern unterscheidet man zwischen den Vorverstärkern und den Endverstärkern bzw. Leistungsverstärkern. Die Vorverstärker sind meist reine Spannungsverstärker und sollen ein schwaches NF-Signal so weit verstärken, daß man damit einen Endverstärker aussteuern kann. Die Endverstärker dagegen erzeugen je nach ihrer Größe eine solche NF-Leistung, daß ein oder mehrere Lautsprecher im Ausgang angeschlossen werden können.
Verwendet man mehrere Verstärkerstufen, so erfolgt die Kopplung mit Kondensatoren und Widerständen (RC-Kopplung). Bild 26 zeigt die Anwendung der RC-Kopplung bei

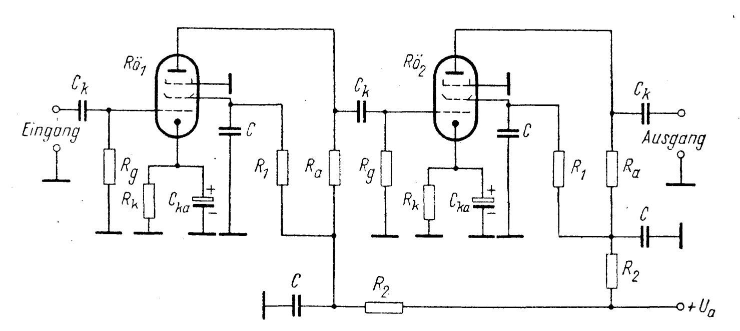


Bild 26. RC-Kopplung bei einem Niederfrequenz-Verstärker

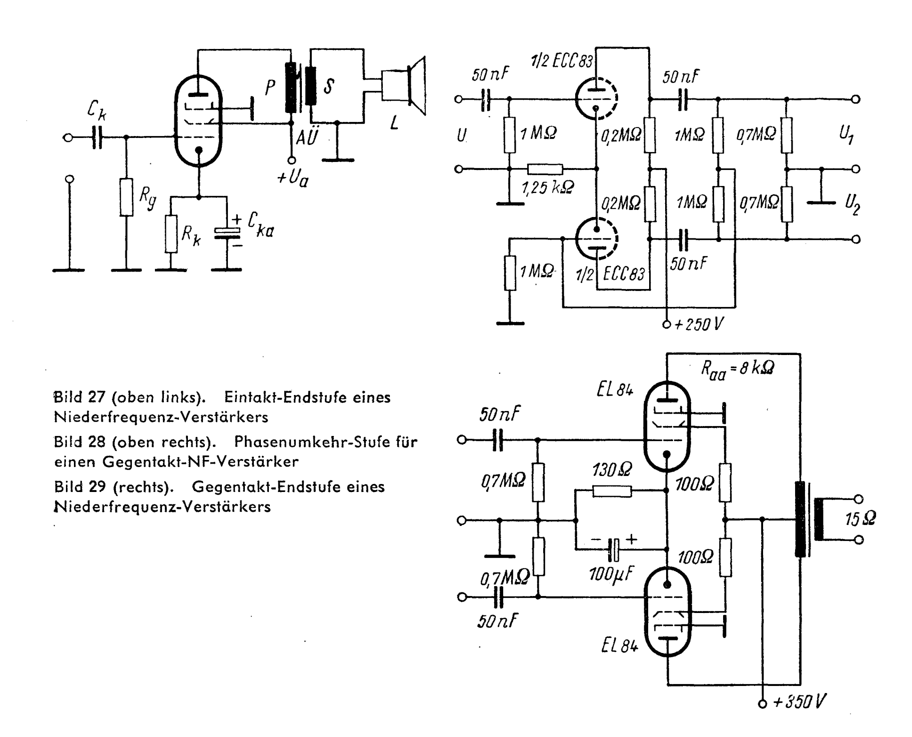


Bild 27 (oben links). Eintakt-Endstufe eines Niederfrequenz-Verstärkers

Bild 28 (oben rechts). Phasenumkehr-Stufe für einen Gegentakt-NF-Verstärker

Bild 29 (rechts). Gegentakt-Endstufe eines Niederfrequenz-Verstärkers

einem zweistufigen NF-Vorverstärker. Die Ankopplung des NF-Signales erfolgt über die Kondensatoren C_k, die je nach dem zu übertragenden Frequenzbereich Werte von 10 nF bis 0,1 µF besitzen können. Je tiefer die Grenzfrequenz ist, um so größer muß C_k sein. Die Arbeits- bzw. Anodenwiderstände und die Gitterwiderstände sind Ohmsche Widerstände. Früher benutzte man noch die Transformatorkopplung (vor allem bei Trioden) und die Drosselkopplung.

Die Gittervorspannung wird durch die Katodenkombinationen erzeugt. Damit die Verstärkung nicht durch eine Gegenkopplung zu sehr zurückgeht, werden die Katodenwiderstände durch Niedervoltelektrolytkondensatoren kapazitiv überbrückt. Die Anoden- und Schirmgitter-Betriebsspannungen führt man über Siebglieder (R_2/C) zu. Bei hochverstärkenden NF-Schaltungen muß man darauf achten, daß die Gleichspannungen gut gesiebt sind, sonst ist der Brummabstand nicht groß genug.

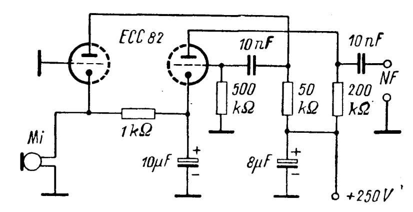
Endverstärker können mit einer Röhre als Eintaktverstärker oder mit zwei gleichen Röhren als Gegentaktverstärker aufgebaut werden. Bild 27 zeigt die Schaltung einer einfachen Endstufe. Am Steuergitter liegt das vom Vorverstärker kommende NF-Signal. Die notwendige Gittervorspannung wird wieder durch eine Katodenkombination erzeugt. Im Anodenkreis liegt der Ausgangsübertrager, an dem sekundärseitig die Schwingspule des Lautsprechers angeschlossen ist.

Gegentaktverstärker benötigen zwei um 180° phasenverschobene Steuerspannungen, die man mit Hilfe eines Transformators oder, wesentlich moderner, mit einer Phasenumkehrschaltung erzeugen kann. Bild 28 zeigt die Schaltung einer solchen Phasenumkehrstufe, wie sie in der modernen Schaltungstechnik verwendet wird. Man benutzt dazu eine Miniatur-Doppeltriode ECC 83. Die Steuerspannung für das zweite Triodensystem erhält man von den beiden 1-MOhm-Widerständen im Ausgang. Durch die Fertigungstoleranzen bedingt, sind diese beiden Widerstände nie gleich groß. Auf Grund des gemeinsamen Katodenwiderstandes symmetriert sich die Schaltung von selbst.
Die Schaltung für eine einfache Gegentakt-Endstufe zeigt Bild 29. Am Eingang liegen die beiden um 180° phasenverschobenen Steuerspannungen, die man von der Phasenumkehrstufe erhält. Die Gittervorspannung wird durch den kapazitiv überbrückten Katodenwiderstand erzeugt. Im Gegentakt-Ausgangstransformator werden die Leistungsanteile der beiden Endröhren zusammengesetzt. Die Anpassungsverhältnisse für die jeweils verwendeten Röhren entnimmt man einer Röhrentabelle.
Besonders wegen ihrem kleinen Klirrfaktor wird in modernen Geräten bei Gegentaktbetrieb die Ultra-Linear-Schaltung benutzt. Bei dieser Schaltungsart liegen die beiden Schirmgitter der Endröhren jeweils an einer Anzapfung der Primärspule des Ausgangstransformators, während die Anodenspannung in der Wicklungsmitte zugeführt wird. Es tritt dadurch eine Schirmgittergegenkopplung auf, die den Pentoden-Endstufen Triodeneigenschaften verleiht. Die Folge sind bei einem hohen Wirkungsgrad geringe Verzerrungen und ein günstiger niedriger Innenwiderstand. Die Nutzleistung geht jedoch entsprechend dem Anzapfungsverhältnis zurück. Als günstig hat sich eine Anzapfung bei 20 Prozent der Wicklung (jeweils von Wicklungsanfang bzw. -ende gerechnet) erwiesen. Die Nutzleistung geht um etwa 20 Prozent zurück, der Klirrfaktor aber um 40 bis 50 Prozent.

1.26 Mikrofon, Kopfhörer und Lautsprecher

Zur Aufnahme von niederfrequenten Schwingungen verwendet man Mikrofone. Mikrofone werden auch als Schallwandler bezeichnet, da sie die aufgenommene Schallenergie in elektrische Energie umwandeln. Diese aus der Umwandlung gewonnene elektrische Energie führt man der Eingangsröhre eines empfindlichen NF-Verstärkers zu und steuert diesen damit aus.
Für einfache Anlagen ohne besonderen Anspruch auf gute Wiedergabe genügt das Kohlemikrofon, wie es beim Telefon verwendet wird. Zwischen einer Kohleelektrode und einer Kohlemembran befindet sich Kohlegrieß, der durch die auf die Membran einwirkenden Schallwellen seinen Widerstandswert ändert. Da das Kohlemikrofon sehr niederohmig ist (50 bis 200 Ohm), muß es über einen Eingangsübertrager an dem meist hochohmigen NF-Verstärkereingang angeschlossen werden. Außerdem ist es mit einer Gleichspannung von 3 bis 6 V in Reihe zu schalten. Dazu kann die am Katodenwiderstand der Eingangsröhre abfallende Spannung ausgenutzt werden. Man spart dadurch die Batterie. Schaltet man die Eingangsröhre als Gitterbasisstufe, so entfällt

Bild 30. Schaltung für die transformatorlose Ankopplung eines Kohlemikrofons an einen NF-Verstärkereingang



auch der Eingangsübertrager. Bild 30 zeigt eine geeignete Schaltung für den Selbstbau. Das Kohlemikrofon liegt zwischen Masse und den beiden Katoden. Durch den durch das Mikrofon fließenden Katodenstrom entfällt die Batterie.

Eine wesentlich bessere Wiedergabe erhält man mit einem dynamischen Mikrofon oder einem Kristallmikrofon. Bei besonders hohen Ansprüchen nimmt man ein Kondensatormikrofon. Dynamische Mikrofone sind niederohmig und haben einen genormten Anschlußwert von 200 Ohm. Sie können über längere Leitungen mit dem Verstärkereingang verbunden werden, ohne daß die Gefahr von Brummeinstreuungen gegeben ist. An den hochohmigen Verstärkereingang werden sie über einen Eingangsübertrager angeschlossen. Es gibt aber auch handelsübliche dynamische Mikrofone, bei denen dieser Übertrager bereits eingebaut ist. Solche Mikrofone haben dann einen hochohmigen Ausgang.

In der Amateurpraxis werden meist Kristallmikrofone verwendet, da sie sehr empfindlich sind und deshalb eine relativ große NF-Spannung abgeben. Allerdings sind sie sehr hochohmig (mehrere MOhm), so daß die Zuleitung zum Verstärkereingang nicht länger als 2 m und möglichst kapazitätsarm sein soll.

Im Gegensatz zu den Mikrofonen wandeln Kopfhörer und Lautsprecher die verstärkte elektrische NF-Energie wieder in Schallwellen um. Für Kontrollzwecke, an kleineren Empfangsgeräten und beim Amateurfunkverkehr benutzt man den Kopfhörer zur Wiedergabe. Kopfhörer besitzen allgemein eine Impedanz von 4000 Ohm. Dabei sind beide Erregerspulen zu je 2000 Ohm hintereinandergeschaltet. Für die Transistorpraxis schaltet man besser beide Spulen parallel, da eine Impedanz von 1000 Ohm für diese Zwecke günstiger ist. Bei netzbetriebenen Geräten sollte zur Sicherheit stets ein entsprechender Ausgangsübertrager verwendet werden, da Kopfhörer nur schwachstrommäßig isoliert sind.

In der NF-Praxis benutzt man heute fast ausschließlich dynamische Lautsprecher, bei denen sich eine Schwingspule in einem Magnetfeld bewegt. Mit der Schwingspule ist die Schallmembran verbunden. Das Magnetfeld kann durch einen pernamenten Dauermagneten oder durch einen Elektromagneten erzeugt werden. Man unterscheidet deshalb zwischen dem permanentdynamischen und dem elektrodynamischen Lautsprechersystem. Bevorzugt wird der permanentdynamische Lautsprecher, weil bei diesem die für die Erregung notwendige Gleichstromleistung entfällt. Zum Lautsprecher gehört ein entsprechender Ausgangsübertrager, der den hochohmigen Außenwiderstand der Endröhre an den Wechselstromwiderstand der Schwingspule anpaßt.

Zur Verbesserung der Klangeigenschaft enthält ein moderner Breitbandlautsprecher in der Membranmitte einen Hochtonkonus zur verstärkten Abstrahlung der hohen

Töne. Bei hochwertigen Musik-Wiedergabeanlagen verwendet man Lautsprecherkombinationen. Diese bestehen meist aus einem Tiefton- und mehreren Hochtonlautsprechern, die in einem besonders schallgünstigem Gehäuse (Baßreflexbox usw.) untergebracht werden.

1.27 Die Stromversorgung

Funktechnische Geräte benötigen bestimmte Betriebsspannungen, wie Heizspannung, Anodenspannung usw. Diese Betriebsspannungen liefert der Netzteil des Gerätes. Je nach den Anwendungsbereichen unterscheidet man dabei zwischen dem Batteriebetrieb und dem Netzbetrieb. Der Batteriebetrieb wird vor allem bei tragbaren Geräten und bei Notanlagen angewendet. Durch den Anschaffungspreis der Batterien für Heiz- und Anodenstrombedarf kostet der Batteriebetrieb wesentlich mehr als der Netzbetrieb. Allerdings ist hier durch die Anwendung der Transistortechnik das Verhältnis schon wesentlich günstiger geworden.
Entsprechend dem vorhandenen Stromnetz unterscheiden wir zwischen dem Wechselstrom- und dem Allstrombetrieb. Reinen Gleichstrombetrieb hat man selten. Günstig ist der Wechselstrombetrieb, weil durch die Anwendung eines Transformators aus der Netzspannung beliebig große Wechselspannungen gewonnen werden können. Außerdem ist durch den Netztransformator eine galvanische Trennung vom Stromnetz vorhanden. Bei Allstrombetrieb, also bei Geräten, die sowohl am Wechselstromnetz als auch am Gleichstromnetz betrieben werden können, besteht in jedem Fall eine direkte Verbindung mit dem Stromnetz. Bei solchen Geräten ist das Chassis berührungssicher einzubauen, da man sonst beim Berühren einen elektrischen Schlag erhalten kann. Der Anfänger baut deshalb besser noch keine Allstromschaltungen auf. Experimentiert man an Allstromgeräten, so sollte man stets einen Glimmlampen-Phasenprüfer zur Hand haben. Bei Inbetriebnahme des Allstromgerätes überzeugt man sich vor dem Berühren des Chassis davon, daß dieses nicht mit der Netzphase in Verbindung steht. Sollte die Glimmlampe am Chassis aufleuchten, so ist der Netzstecker umzustecken, damit das Chassis mit der Nullerde des Stromnetzes verbunden wird.
Nähere Hinweise zur Stromversorgung von funktechnischen Geräten finden sich im zweiten Teil dieses Buches.

2. DER ARBEITSPLATZ UND SEINE EINRICHTUNG

Nicht jedem Radiobastler wird es möglich sein, sich eine kleine Werkstatt einzurichten, in der er alle notwendigen Bastelarbeiten durchführen kann. Es erhöht aber die Freude an der Arbeit ungemein, wenn auch nur ein kleiner, bescheidener Arbeitsplatz vorhanden ist, der keinem anderen Zweck dient als nur dieser Freizeitbeschäftigung. Muß man jeweils diesen Arbeitsplatz erst provisorisch einrichten und dazu alles Notwendige aus Schubladen, Kisten und Pappkartons zusammensuchen, dann ist einem beim eigentlichen Arbeitsbeginn meistens die Lust an dieser Arbeit vergangen. Da findet man die Spiralbohrer nicht gleich, oder der Hammer ist verschwunden. Ver-

wendet man als Arbeitstisch den Küchentisch, so blickt die Hausfrau kummervoll auf den gepflegten Linoleumbelag. Und wer ist nicht schon einmal mit der Handbohrmaschine abgerutscht und mußte den Spiralbohrer aus der Tischplatte ziehen? Hat man dagegen einen eigenen Arbeitstisch, so geht es einem wie mit der Lederhose: Je mehr Flecken darauf, um so stilechter. Dazu wird noch häuslicher Ärger vermieden, und man spart Zeit, die heute immer knapp ist.

2.1 Einfacher Arbeitstisch

Für die Einrichtung eines Arbeitsplatzes wird stets ein gebrauchter Tisch genügen. Diesen kann man sehr billig bei einer Auktion oder in einer Gebrauchtwarenhandlung erstehen. Eventuell sieht man einmal die Verkaufsanzeigen einer Tageszeitung daraufhin durch.

Allerdings muß man darauf achten, daß der Tisch stabil ist und eine Tischplatte mit den Ausmaßen von etwa 120 · 70 cm besitzt. Die Tischhöhe sollte etwa 75 cm betragen. Unbedingt erforderlich sind ein oder zwei Schubfächer.

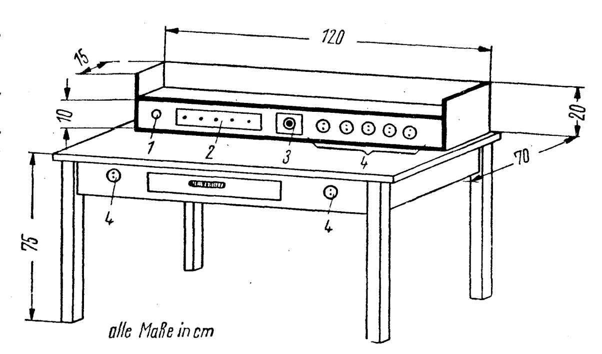


Bild 31. Einfacher Arbeitstisch, bestehend aus einem alten Tisch und getrenntem Aufbau (1 — Antenne; 2 — Erdschiene; 3 — Sicherungs-Automat; 4 — Unterputzdosen für Netzspannung)

Bild 31 zeigt, wie man einen solchen Tisch mit einem zweckmäßigen Aufbau versieht. Im unteren Teil des Aufbaus sind von links nach rechts eine Antennenbuchse, fünf auf einer Metallschiene befestigte Erdbuchsen, ein Sicherungsautomat und fünf Steckdosen in Unterputz-Ausführung angeordnet. Durch die Installierung dieser Buchsen und Steckdosen vermeidet man ein Strippengewirr zur nächsten Steckdose und den anderen benötigten Anschlüssen (Antenne, Erde). Auf dem oberen Teil des Aufbaus kann man Prüfgeräte, Netzgeräte usw. unterbringen.

Diesen Aufbau läßt man aus 10 mm starkem Holz von einem Tischler anfertigen und beizen. Antennenbuchse und Erdbuchsen sind gewöhnliche Telefonbuchsen. Die Erdbuchsen werden auf einer Metallschiene (Kupfer, Messing oder Aluminium) zusammengefaßt. Die Erdleitung wird mit dieser Metallschiene verbunden. Sehr wichtig ist das Vorhandensein eines Sicherungsautomaten. Diesen lernt man schätzen, wenn man bei einem Kurzschluß im Dunkeln gesessen hat und dann im Korridor oder Hausflur die Sicherung auswechseln mußte. Voraussetzung für diesen Sicherungsautomaten ist

allerdings, daß die Auslöse-Stromstärke niedriger liegt als der Wert der Wohnungssicherung. Da Stromzuführungen zu Wohnungen in den meisten Fällen mit 6 A abgesichert sind, verwenden wir für den Arbeitstisch einen Sicherungsautomaten für etwa 3 A. Sicherungsautomaten gibt es in zwei Ausführungsformen, einmal als Schraubsicherung und dann für eine feste Montage im Leitungszug. Bei einer Netzspannung von 220 V kann man eine Belastung bis zu etwa 600 W anschließen. Die fünf Steckdosen des Aufbaus werden parallelgeschaltet.
An der Vorderseite des Tisches bringt man auch zwei Steckdosen in Unterputz-Ausführung für den Anschluß des Lötkolbens an. Bild 32 zeigt die Schaltung des elektrischen Anschlusses.

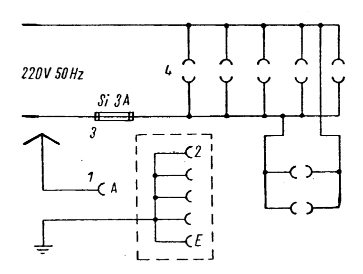


Bild 32. Schaltung der elektrischen Anlage des einfachen Arbeitstisches

Von größter Bedeutung bei jeder Arbeit sind gute Lichtverhältnisse. Deshalb ist es günstig, wenn man den Arbeitstisch so an ein Fenster stellen kann, daß das Licht von links auf den Tisch fällt. Meist arbeiten jedoch Radiobastler und Funkamateure abends oder nachts, so daß für den Arbeitsplatz eine elektrische Beleuchtung vorgesehen werden muß. Am günstigsten sind für diesen Zweck Arbeitsleuchten. Bekannt ist die Ausführung mit Scherenarm oder verstellbaren Kugelgelenken. Mit diesen verstellbaren Arbeitsleuchten läßt sich jede Stelle des Arbeitstisches beleuchten. In der Arbeitsleuchte verwendet man Glühlampen mit 60 bis 100 W. Sehr zu empfehlen für den ausschließlichen Nachtarbeiter sind Tageslichtlampen.
In der Schublade des Arbeitstisches wird kleineres Handwerkzeug und anderes Kleinmaterial untergebracht. Ist die Tischplatte mit Wachstuch oder Linoleum ausgelegt, so empfiehlt es sich, eine Hartfaserplatte aufzunageln.

2.2 Arbeitsplatz mit Schreibtisch

Manchmal kann man billig einen gebrauchten Schreibtisch kaufen. Dieser ist für unsere Zwecke günstiger als ein einfacher Tisch, da sich in seinen zahlreichen Schubladen und Fächern viel unterbringen läßt, was man sonst unter Betten schiebt oder auf Kleiderschränke legt. Auf diesem Schreibtisch kann man ebenfalls einen Aufbau nach Bild 31 anbringen. Die Steckdosen für den Lötkolben werden dann an den Seitenwänden angebracht.
Bild 33 zeigt eine Erweiterung des Aufbaues. Die Abmessungen gehen aus Bild 33 hervor, während Bild 34 die Schaltung der elektrischen Anlage zeigt. Dazugekommen

Bild 33. Erweiterter Aufbau für einen Schreibtisch (1 — Glimmlampe für Netzanzeige; 2 — hochohmiger Lautsprecheranschluß; 3 — Erdschiene; 4 — Sicherungs-Automat; 5 — Unterputzdosen für Netzspannung; 6 — Antenne)

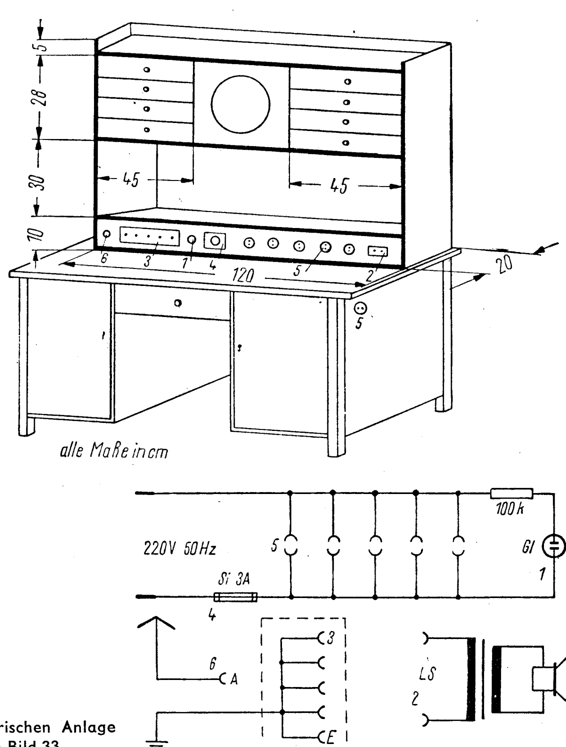


Bild 34. Schaltung der elektrischen Anlage des erweiterten Aufbaus nach Bild 33

sind zwischen Erdbuchsen und Sicherungselement eine Netzglimmlampe und ganz rechts der hochohmige Anschluß für einen Lautsprecher. Die Netzglimmlampe informiert uns jederzeit darüber, ob die Netzspannung an den Steckdosen anliegt. Im oberen Teil ist in der Mitte das Lautsprechersystem mit Ausgangsübertrager untergebracht. Die primäre Anschlußseite dieses Ausgangsübertragers liegt an den rechts befindlichen Buchsen. Verwendet wird ein 2- bis 4-W-Lautsprecherchassis mit permanenten Magneten. Der Durchmesser der Lautsprecheröffnung richtet sich nach dem Korbdurchmesser des verwendeten Lautsprechers.

Über der Steckdosenleiste und auf der oberen Platte des Aufbaus können Geräte abgestellt werden. Rechts und links vom Lautsprecher sind Schubfächer für Widerstände, Kondensatoren und anderes Kleinmaterial angebracht. Zu diesem Zweck werden die einzelnen Schubladen in kleine Fächer aufgeteilt. Das Werkzeug bringen wir bequem in den Seitenfächern des Schreibtisches unter. Zweckmäßig ist auch dabei das Einfügen von Zwischenfächern in den Schubladen, damit das Werkzeug übersichtlich gelagert werden kann.

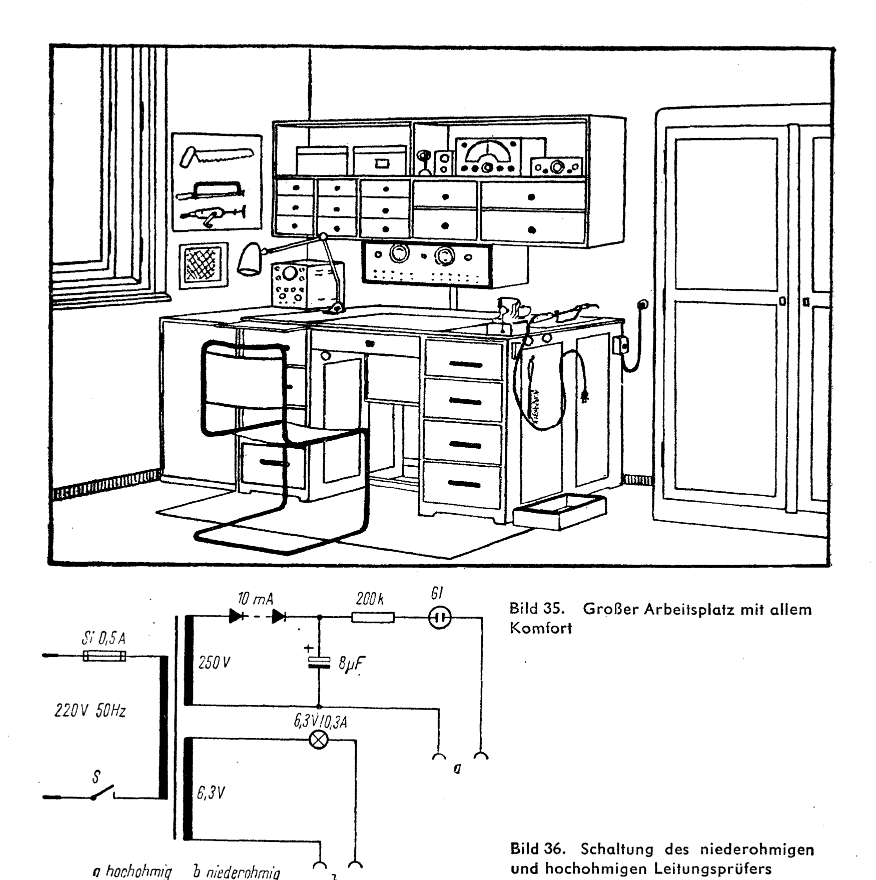


Bild 35. Großer Arbeitsplatz mit allem Komfort

Bild 36. Schaltung des niederohmigen und hochohmigen Leitungsprüfers

2.3 Großer Arbeitsplatz

Einen großen Arbeitsplatz mit allem Komfort zeigt Bild 35. Über dem Arbeitstisch befindet sich ein übersichtliches Wandregal, in dessen Fächern und Schubladen zahlreiche Geräte und Kleinmaterial verstaut werden können. Darunter hängt ein länglicher Holzkasten mit einer Frontplatte aus 3 mm starkem Pertinax. Auf dieser Frontplatte sind neben einer Netzglimmlampe in der Mitte zahlreiche zweipolige Buchsen für die Netzspannung angebracht. Je ein Instrument zeigt die vorhandene Netzspannung und die dem Netz entnommene Stromstärke an. Rechts und links von den Meßinstrumenten sind zwei Leitungsprüfer mit optischer Anzeige angeordnet. Für hochohmige Messungen wird eine Glimmlampe verwendet, für niederohmige Messungen eine Skalenlampenbirne. Die Stromversorgung ist ebenfalls in diesem Holz-

kasten. Bild 36 zeigt die Schaltung für die beiden einfachen Leitungsprüfer. Die Stromzuführung zu dem länglichen Holzkasten erfolgt über einen Sicherungsautomaten.
Der Arbeitstisch enthält rechts und links je vier Schubfächer, die zum Teil ein heraushebbares Zwischenfach besitzen. Diese Schubfächer dienen zur Aufbewahrung von Werkzeug, Kleinmaterial, Blech- und Isolierstoffplatten sowie anderen Materialien. Das Schubfach in der Mitte des Tisches enthält Schreib- und Zeichenutensilien. Unterhalb des mittleren Schubfaches ist ein kleines Schrankfach angeordnet. Rechts und links befinden sich herausziehbare Platten zur Ablage von Gegenständen. Links vom Arbeitstisch steht ein kleiner Schrank, in dem Fachliteratur, vor allem Fachzeitschriften, untergebracht werden. Links an der Wand ist eine Holzplatte befestigt, an der sperriges Werkzeug aufgehängt wird. Darunter befindet sich eine Holzplatte, auf die die zahlreichen benötigten „Strippen" gesteckt werden. Auf der Platte des Arbeitstisches ist rechts ein mittlerer Schraubstock befestigt. Diese Arbeitstisch-Kombination erfüllt alle Ansprüche des Radiobastlers und Funkamateurs, ist aber auch entsprechend teuer, wenn man sie in einer Tischlerei anfertigen läßt.

2.4 Werkstatt für eine Klubstation

Das Zentrum für die Ausbildung der am Funksport interessierten Jugendlichen sind die Klubstationen der Amateurfunker der Gesellschaft für Sport und Technik. Diese Klubstationen besitzen in den meisten Fällen die Voraussetzungen für die Durchführung einer Morseausbildung, für die Ausbildung in der Funk- und Betriebstechnik und für die Anleitung zum Selbstbau von funktechnischen Geräten. Dazu gehört eine nach den gegebenen Möglichkeiten eingerichtete Werkstatt, in der die beim Selbstbau von funktechnischen Geräten anfallenden Arbeiten durchgeführt werden können.
Bild 37 zeigt die ursprüngliche Raumaufteilung der Klubstation DM 3 BM, der der Autor mehrere Jahre angehörte. Das Leben der Mitglieder spielte sich in einem größeren Raum ab, in dem man Morseunterricht durchführte, wo einzelne Kameraden ihre Geräte bauten und auch die Amateurfunkstation betrieben wurde. Führten wir Funkbetrieb in Telefonie durch, so mußte bei Umschaltung auf Senden alles die Luft anhalten, um die Sendung nicht zu stören. Als Folge ergab sich, daß die Amateurfunk-Klubstation DM 3 BM nur selten „in der Luft" war. Nach einer Aussprache unter den Kameraden der Klubstation wurde beschlossen, in gemeinsamer Arbeit die Raumaufteilung entsprechend Bild 38 zu ändern.
Der als Lagerraum benutzte Raum erhielt einen Türdurchbruch. Man kalkte Wände und richtete den Raum als Werkstatt ein. Im bisherigen Raum der Klubstation wurden zwei Wände eingezogen, die eine Ecke von etwa 2,5 · 4,5 m abteilen. Die Schmalseite dieses abgeteilten Raumes erhielt eine Tür. In dem abgeteilten Raum selbst wurde die Amateurfunk-Klubstation untergebracht. Ungestört vom Geschehen in den anderen Räumen kann jetzt Amateurfunkverkehr durchgeführt werden.
Der übrige Teil des früheren Raumes wurde für die Durchführung des Morseunterrichts und die Ausbildung in der Funk- und Betriebstechnik eingerichtet. Durch die Neu-

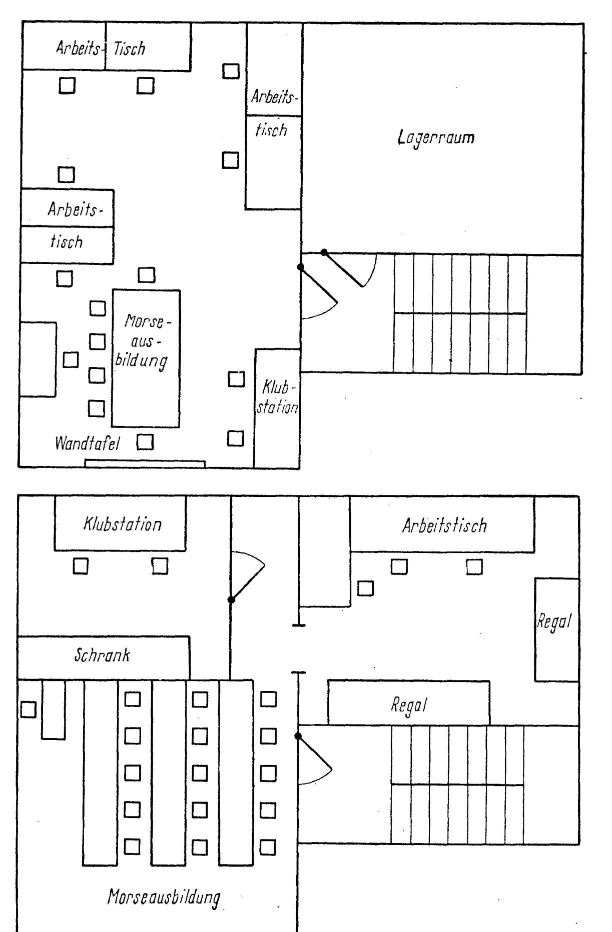


Bild 37. Ungefähre Darstellung der alten Raumaufteilung der Klubstation DM 3 BM

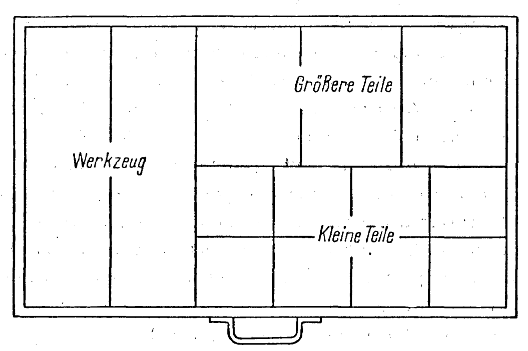
Bild 38. Ungefähre Darstellung der neuen Raumaufteilung der gleichen Klubstation

aufteilung der Räumlichkeiten ist also ein ungestörtes Nebeneinander des Amateurfunkverkehrs, der Ausbildung und der Werkstattarbeit möglich.

2.5 Zubehör zum Arbeitsplatz

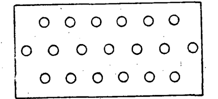
Bevor die Beschreibung des für unsere praktische Arbeit notwendigen Werkzeuges folgt, noch einige Hinweise für Dinge, die uns die Arbeit am Arbeitsplatz erleichtern. Wie schon gesagt, wird das Schubfach des Arbeitstisches in einzelne, verschieden große Fächer unterteilt, in denen wir das kleinere Werkzeug und das Kleinmaterial

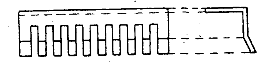
Bild 39. Das Schubfach des Arbeitstisches wird zur übersichtlichen Lagerung von Werkzeug und Bastelmaterial in verschieden große Fächer unterteilt



unterbringen können (Bild 39). Für das größere Werkzeug suchen wir uns einen Platz in einem anderen Schrank, in der Besenkammer oder anderswo. An einer Schmalseite des Tisches bringen wir senkrecht ein 20 mm starkes Holzbrett an, auf das wir unsere Verbindungsschnüre stecken. Zu diesem Zweck bohren wir in einem Abstand von 10 mm mit einem 4-mm-Bohrer Löcher, in die dann die Bananenstecker gesteckt werden (Bild 40). Die Verbindungsschnüre selbst stellen wir aus gummiisoliertem, einadrigem Litzenkabel her. Die Längen dieser Verbindungsschnüre betragen 25, 50, 75 und 100 cm. Von jeder Länge machen wir uns etwa vier bis sechs Stück. An beide Enden kommt je ein Bananenstecker, dazu einige Krokodilklemmen, so daß die Leitungen beliebig verwendet werden können. Für Niederfrequenzzwecke fertigen wir noch einige Verbindungsschnüre mit Abschirmung an. Abschirmung und Ader versehen wir an beiden Enden ebenfalls mit Bananensteckern.

Bild 40. Die Aufbewahrung der Verbindungsschnüre erfolgt entweder durch Einstecken in ein gebohrtes Brett oder auf einem geschlitzten Blech





Während auf die benötigten Radiobauteile in Kapitel 6 näher eingegangen wird, seien hier noch einige Bauteile genannt, die man in kleinen Stückzahlen vorrätig halten sollte. Neben normalen, zweipoligen Netzsteckern braucht man Telefonbuchsen, Bananenstecker, zweipolige Buchsen mit 19 mm Steckerabstand und zweiadriges Netzkabel. Für UKW gibt es besondere Bauteile, zweipolige Stecker, Buchsen und Kopplungen, die für die Verwendung an UKW-Flachbandkabel vorgesehen sind. Für HF-Koaxialkabel halten wir besondere Koax-Stecker und Koax-Buchsen vorrätig.

2.6 Elektrische und funktechnische Grundausrüstung

Der ernsthafte Radiobastler wird sich nach und nach seine kleine Werkstatt einrichten und vervollständigen. Dabei muß er sich allerdings im Rahmen seiner pekuniären Möglichkeiten bewegen. Von vielen Radiobastlern wird aber nicht beachtet, daß z. B. die Fachzeitschriften immer erfreut kurze Beiträge über erprobte einfache

Schaltungen, über Reparaturhinweise oder Werkstattkniffe entgegennehmen. Bei Veröffentlichung wird ein angemessenes Honorar gezahlt. Mit diesem selbstverdienten Geld kann man dann weitere Anschaffungen für die Werkstatt tätigen.

Neben dem Werkzeug zur Bearbeitung der Selbstbauteile muß man sich auch elektrische und funktechnische Geräte anschaffen. Dazu gehören vor allem ein Stromversorgungsgerät, ein Vielfachmeßinstrument und einfache Prüfgeräte. Diese Geräte kann man sich durch Selbstbau ganz den eigenen Wünschen entsprechend gestalten. Ein Stromversorgungsgerät ist vor allem dann wichtig, wenn man Schaltungen ausprobieren will. Man braucht dann nicht jedesmal ein Netzgerät mit der Schaltung aufzubauen und spart dadurch viel Zeit. Die Stromversorgung bleibt ja bei jedem Gerät gleich, egal, ob es sich um einen Empfänger, ein Prüfgerät oder einen NF-Verstärker handelt. Bei der Dimensionierung des Stromversorgungsgerätes ist nur darauf zu achten, daß man die wichtigsten Heizspannungen (4 V, 6,3 V, 12,6 V) zur Verfügung hat sowie eine entsprechende Gleichspannung (etwa 300 V) für die Anoden- und Schirmgitterspannung. Zweckmäßig ist es, wenn man zusätzlich eine stabilisierte Gleichspannung von z. B. 150 V vorsieht. Das ist für manche Schaltungen ganz zweckmäßig. Entsprechende Bauanleitungen dafür findet man in Teil II dieses Buches.

Günstig ist es allerdings, wenn man einen industriell gefertigten Vielfachmesser besitzt. Damit können dann Spannungen und Ströme sowohl bei Gleichstrom als auch bei Wechselstrom gemessen werden. Aber solche Instrumente sind nicht billig. Der Selbstbau ist auch nicht ganz einfach. Doch genügt es für den Anfang, wenn man Gleichspannungen messen kann. Als Meßbereiche empfehlen sich 30 V zum Messen von Gittervorspannungen und Batterien sowie 300 bzw. 500 V für Anoden- und Schirmgitterspannungen.

Als nächstes Gerät ist ein Absorptionsfrequenzmesser erforderlich, damit man Frequenzen bestimmen kann. Hat man dann schon einige Erfahrungen gesammelt, sollte man unbedingt mit dem Selbstbau eines Grid-Dip-Meters beginnen. Dieses Gerät kann so universell eingesetzt werden, daß es eigentlich in die Hand eines jeden Radiobastlers gehört. Man mißt damit nicht nur Frequenzen, sondern auch die Resonanzfrequenz von Schwingungskreisen und Antennen. Außerdem lassen sich die Werte von Kondensatoren und Spulen damit bestimmen.

Zur weiteren Ausstattung gehören dann z. B. ein Leitungsprüfer, ein Prüfgenerator, ein Röhrenvoltmeter für NF und HF, ein Multivibrator zur Signalerzeugung sowie ein entsprechender Verstärker als Signalverfolger, ein Tonfrequenzgenerator und eine RLC-Meßbrücke. Für spezielle Aufgaben benötigt man einen Katodenstrahloszillografen, einen UKW- und Fernsehprüfsender, einen Rauschgenerator u. a. m.

Einige Bauanleitungen und Schaltungsvorschläge enthält dieses Buch. Weitere Hinweise findet man in den zahlreichen praktischen Bauanleitungen der Fachzeitschriften „radio und fernsehen" sowie „funkamateur". Beim Selbstbau von Meßgeräten sollte man darauf achten, daß man evtl. die Stromversorgung für diese Geräte über einen Mehrfachstecker aus dem universellen Stromversorgungsgerät der Grundausrüstung bezieht. Man spart dadurch nicht nur Geld, sondern auch Zeit beim Selbstbau. Die hier gemachten Vorschläge haben aber nicht nur Geltung für den ernsthaften Radio-

bastler, sondern auch für Klubstationen der GST, die ja das Zentrum für die technisch interessierten Jugendlichen bilden sollen.

3. WERKZEUGE UND WERKSTOFFE IN IHRER ANWENDUNG

3.1 Welche Werkzeuge brauchen wir

Bevor wir in diesem Kapitel näher auf die einzelnen Werkzeuge eingehen, wollen wir kurz drei Normen für Werkzeugausrüstungen aufstellen.

Norm 1: Diesen Werkzeugsatz kann man als den unbedingt notwendigen ansehen. Er ist für Radiobastler gedacht, die erst anfangen und nur ab und zu ein funktechnisches Gerät bauen.

Norm 2: Für den fortgeschrittenen Radiobastler, der auch hin und wieder eine Bauanleitung verfaßt, sind einige Werkzeuge mehr notwendig. Diese werden nach und nach angeschafft.

Norm 3: Diese Norm gilt für die Werkzeugausrüstung von Amateurfunk-Klubstationen. Die Beschaffung ist meist durch den Patenbetrieb möglich, der entsprechende Werkzeuge zur Verfügung stellt. Außerdem sieht in den meisten volkseigenen Betrieben der Betriebskollektivvertrag oder der Jugendförderungsplan finanzielle Mittel für die Unterstützung der GST-Arbeit vor.

Die aufgestellten Normen sind natürlich kein Dogma, sondern lediglich Vorschläge, die man je nach Wunsch und finanziellen Mitteln abwandeln kann. Die einzelnen Normen sind im Tabellenanhang aufgeführt.

3.11 Prüf- und Meßmittel

Eine wichtige Voraussetzung beim Bearbeiten von Werkstücken ist die Einhaltung der durch eine Zeichnung festgelegten Abmessungen. Daher muß vor, während und nach der Bearbeitung das Werkstück gemessen werden. Diese Prüfung auf Maßhaltigkeit

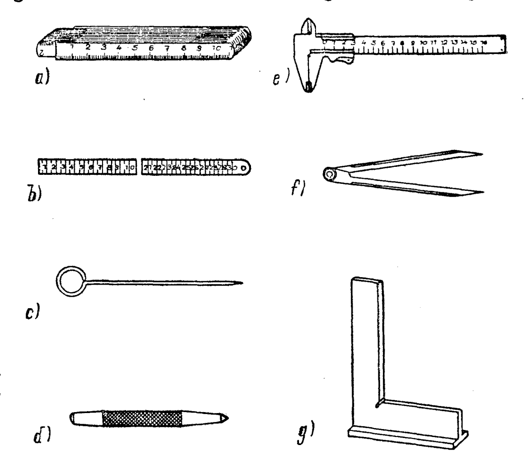


Bild 41. Meß- und Anreißmittel; Gliedermaßstab (a), Stahlmeßband (b), Reißnadel (c), Körner (d), Schieblehre (e), Spitzzirkel (f) und Anschlagwinkel (g)

erfolgt mit Meßwerkzeugen. Die Einhaltung der in einer Bauanleitung geforderten Abmessungen gibt die Gewähr, daß alle Teile nach ihrer Fertigstellung auch zusammenpassen. Wenn man sich also durch korrektes Messen von der richtigen Ausführung der Arbeit überzeugt, so werden Pannen vermieden. Es ist deshalb erforderlich, daß man seine Meßmittel pfleglich behandelt. Bild 41 zeigt verschiedene Meßmittel, die in der Praxis angewendet werden.
Für die Längenmessung benutzt man dünne Stahlmeßbänder, die im Handel in den Längen 300 mm und 500 mm erhältlich sind. Auf der unteren Teilung kann man Maße auf den Millimeter genau bestimmen, während die obere Teilung sogar von 0,5 mm zu 0,5 mm geht; dadurch ist es möglich, bequem ein Maß von z. B. 62,5 mm abzulesen. Für größere Längen nimmt man Rollstahlmeßbänder (Länge 2 m), die in einer Hülse zusammengerollt werden. Diese Rollmeßbänder sind oben und unten mit einer Millimeter-Teilung versehen.
Gliedermaßstäbe aus Holz, Stahl oder Leichtmetall verwendet man nur zu orientierenden Messungen, da sie mitunter erhebliche Differenzen aufweisen. Die Messung mit dem dünnen Stahlmeßband erfolgt fast parallaxenfrei, da die Teilung unmittelbar

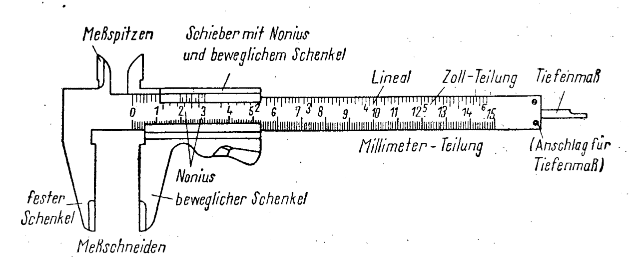


Bild 42. Einzelheiten an der Schieblehre

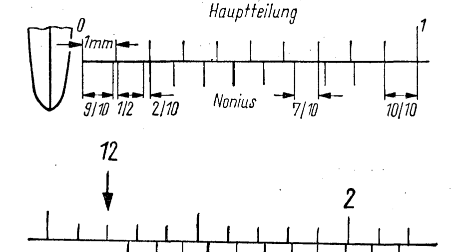


Bild 43. Ansicht der Noniusskala bei geschlossenen Schenkeln der Schieblehre

Bild 44. Schieblehren-Meßbeispiel für das Maß 12,7 mm

auf der zu messenden Fläche aufliegt. Bei stärkeren Linealen muß man diesen Punkt besonders beachten. Meßlineale, bei denen die Teilung auf einer Fase eingraviert ist, sind in diesem Falle günstiger.

Fast als Universal-Meßwerkzeug kann die Schieblehre gelten. Mit ihr lassen sich neben Längen und Dicken auch Außen- und Innendurchmesser sowie Tiefenmaße bestimmen. Bild 42 zeigt eine Schieblehre, die sowohl eine metrische als auch eine Zollteilung besitzt. Mit der Schieblehre können Messungen bis auf 1/10 mm genau ausgeführt werden. Zu diesem Zweck ist der Nonius auf der Fase über der metrischen Teilung eingraviert. Der 9 mm lange Nonius wurde in zehn gleiche Teile geteilt. Stehen die Schenkel beieinander, so ergibt sich eine Einstellung nach Bild 43. Mißt man die Dicke eines Werkstückes, so bestimmt man zunächst die Anzahl der ganzen Millimeter. Diese Zahl liest man links vom Nullstrich des Nonius auf der Hauptteilung ab. Die Zehntelmillimeter werden bestimmt, indem festgestellt wird, welcher Noniusstrich sich mit einem Teilstrich der Hauptteilung deckt. Ist es der fünfte Teilstrich des Nonius, dann ist das abgelesene Millimetermaß um $^5/_{10}$ Millimeter größer. Ist es der achte Noniusteilstrich, dann ist das abgelesene Maß $^8/_{10}$ Millimeter größer. Bild 44 zeigt ein Meßbeispiel für das Maß 12,7 mm.

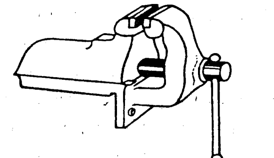
Für sehr genaue Messungen wird die Meßschraube verwendet. Sie erlaubt Messungen mit einer Genauigkeit von $^1/_{100}$ mm. Bei einer Steigung der Gewindespindel von 0,5 mm enthält die Feinskala auf der Außenhülse 50 Skalenteile. Jeder Teilstrich bedeutet $^1/_{100}$ mm.

Zum Prüfen von rechten Winkeln, Ebenen, Kanten und zum Anreißen senkrecht aufeinanderstoßender Linien verwendet man einen Anschlagwinkel. Zum Anreißen wird eine Reißnadel benutzt, deren Spitze gehärtet ist. In dem Werkstoff hinterläßt die Reißnadel einen geringfügigen Riß. Das muß man bei weichen Werkstoffen beachten. Deshalb werden Aluminiumbleche grundsätzlich nur mit einem weichen Bleistift angerissen. Es kann sonst passieren, daß das Aluminiumblech beim Biegen an der Rißlinie bricht. Beim Anreißen wird die Reißnadel in der Bewegungsrichtung etwas geneigt.

Bohrungen und Rißlinien, die bei der Bearbeitung des Werkstückes verwischt werden können, sind anzukörnen. Der Winkel der Körnerspitze beträgt etwa 60°. Mit einem Hammer von 200 g erhält der Körner nach dem Aufsetzen einen leichten, kurzen Schlag. Er hinterläßt im Werkstoff eine entsprechende Vertiefung. Bei Bohrlöchern kann man bequem in dieser Vertiefung den Bohrer ansetzen. Für das Anreißen von Kreisen verwendet man einen Spitzzirkel mit gehärteten Spitzen. Der Kreismittelpunkt wird angekörnt.

3.12 Spannwerkzeuge

Zu den Spannwerkzeugen zählt in erster Linie der Schraubstock. In diesen wird das Werkstück zur Bearbeitung eingespannt. Grundsätzlich werden nur Schraubstöcke



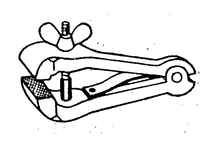
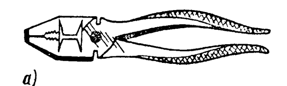


Bild 45. Spannwerkzeuge; links Parallelschraubstock und rechts Feilkloben



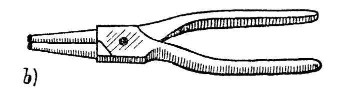
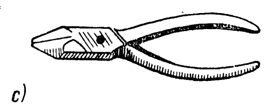
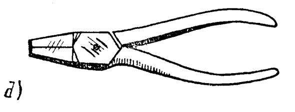


Bild 46. Zangenformen; Kombinationszange (a), Rundzange (b), Seitenschneider (c) und Flachzange (d)





mit Parallelführung verwendet. Die Stahlbacken dieser Schraubstöcke bewegen sich stets parallel zueinander und halten dadurch das Werkstück gleichmäßig fest. Zur Schonung des Werkstückes legt man Backen aus Aluminium, Blei oder Holz ein. Das Einspannen von Werkstücken, die auf einer Maschine bearbeitet werden sollen, erfolgt mittels Maschinenschraubstock. Für das Einspannen und Festhalten kleinerer Werkstücke benutzt man einen Feilkloben, dessen Backen durch Flügelmutter und Blattfeder verstellt werden können. Bild 45 zeigt verschiedene Spannwerkzeuge.
Die Zangen mit ihren vielfältigen Formen (Bild 46) gehören ebenfalls zu den Spannwerkzeugen. Flach- und Schnabelzangen nimmt man zum Biegen und zum Festhalten kleinerer Teile. Mit der Rundzange lassen sich Drähte und Blechstreifen biegen. Meist benutzt man sie zum Biegen von Ösen an Drahtenden, wenn diese durch Schrauben festgehalten werden sollen. Viel verwendet wird die Kombinationszange, die eine Kombination von Flach- und Rohrzange mit einem Seitenschneider darstellt. Für die Anwendung in der Elektrotechnik ist die Kombinationszange (auch Kombizange genannt) gummiisoliert.

3.13 Trennwerkzeuge

Das Trennen von Werkstücken kann auf verschiedene Weise geschehen, so durch Meißeln, Schneiden oder Sägen. Zum Meißeln verwendet man den Flachmeißel, für schmale Nuten den Kreuzmeißel. Die Meißel werden aus zähem Werkzeugstahl hergestellt. Beim Flachmeißel sind Schaft und Schneide gleich breit. Der Keilwinkel liegt zwischen 40° und 60°. Zum Trennen von Blechen oder anderem dünnen Material benutzt man eine Handblechschere. Diese Arbeit ist zeit- und kraftsparend, da die Hebelwirkung an den beiden Schenkeln der Schere ausgenutzt wird. Man verwendet für die Handblechschere die Berliner Form, die sich durch lange, gerade Schneiden auszeichnet. Beim Einkauf sollte darauf geachtet werden, daß die Hubbegrenzung vorn liegt und nicht am hinteren Ende der Schenkel. Dort klemmt man sich oft beim schnellen Schließen der Schere den Handballen ein. Bild 47 zeigt einige Trennwerkzeuge.
Zum Trennen oder Aussägen kleiner Öffnungen bei dünnen Blechen oder Isolierstoffen kann sehr gut die aus den Jugendjahren herübergerettete Laubsäge dienen. Man muß nur die entsprechenden Laubsägeblätter verwenden. Bei weicheren Werkstoffen kann die Sägezahnzahl des Laubsägeblattes geringer sein als bei härteren Werkstoffen. Aber bei stärkeren Werkstücken versagt die Laubsäge auf Grund ihres feinen Sägeblattes. Man verwendet dann eine Handbügelsäge, in die ein meist zwei-

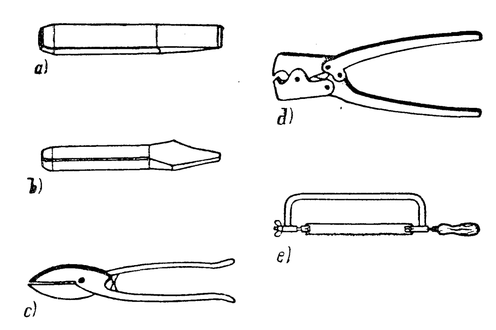
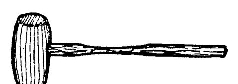


Bild 47. Trennwerkzeuge; Flachmeißel (a), Kreuzmeißel (b), Handblechschere (c), Hebelvorschneider (d) und Handbügelsäge (e)

seitiges Sägeblatt eingespannt wird. Um zu verhindern, daß bei größeren Schnitten die Säge klemmt, werden die Sägeblätter entweder gestaucht, gewellt oder geschränkt. Die Aufnahmestücke für das Sägeblatt sind kreuzweise geschlitzt, so daß man das Sägeblatt in zwei senkrecht zueinander stehende Richtungen einspannen kann. Über einen Spanner mit Flügelmutter kann das Sägeblatt gespannt werden.
Für das Trennen von Drähten ist ein Seitenschneider erforderlich. Da dieser für das Trennen von Kupfer- bzw. Aluminiumdrähten ausgelegt ist, sollte man das Kürzen von zu langen Schrauben mit Hilfe des Seitenschneiders unterlassen. Dafür verwendet man besser den sogenannten Hebelvorschneider, bei dem ein zweites Gelenk das Übersetzungsverhältnis zu den Schneidbacken vergrößert. Außerdem haben die Schneidbakken des Hebelvorschneiders eine stärkere Schneide als der Seitenschneider.

3.14 Schlagwerkzeuge

Für unsere Arbeiten genügen ein Hammer von 200 g und einer von 500 g. Beim Schlagen haben die auftretenden Fliehkräfte das Bestreben, den Hammer vom Stiel zu ziehen. Deshalb muß man darauf achten, daß der Hammer fest verkeilt auf dem Stiel sitzt. Zum Richten von Blechen soll man keinen gewöhnlichen Hammer benutzen, da durch das Schlagen das Blech gestreckt wird. Zum Richten verwendet man deshalb einen Holzhammer aus Weißbuche oder einen Einsatzhammer mit einem Einsatz aus Plastwerkstoff. Bild 48 zeigt einige Schlagwerkzeuge.



Bild 48. Schlagwerkzeuge; links Schlosserhammer und rechts Holzhammer

3.15 Feilen

Um ein Werkstück auf das genaue Maß zu bringen, Trennstellen nachzuarbeiten, Kanten zu entgraten oder zu runden, verwendet man die Feile. Sie besteht aus dem Blatt und der Angel. Ein vorgebohrtes Heft wird auf die Angel gepreßt, damit man die Feile bequem anfassen kann. Das Heft muß fest auf der Feile sitzen, damit man sich

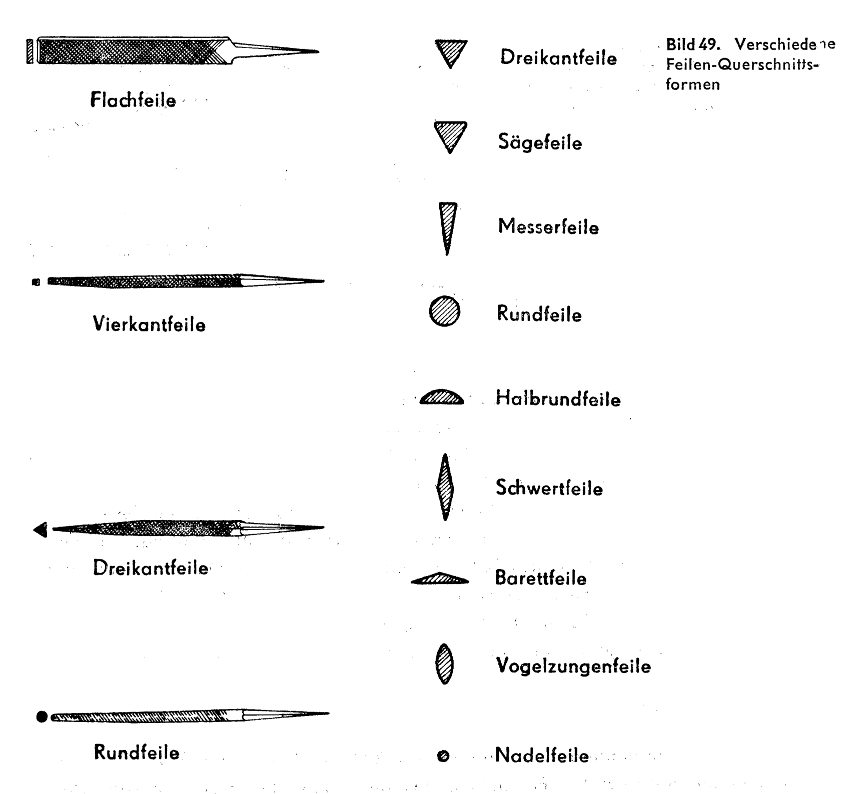


Bild 49. Verschiedene Feilen-Querschnittsformen

nicht die Hand an der spitzen Angel verletzt. Die verschiedenen Feilen unterscheiden sich einmal in der Hiebweite, zum andern in der Form des Blattes (Bild 49). Die verschiedenen Hiebweiten gliedern sich in

Grobhieb	Schlichthieb
Bastardhieb	Feinschlichthieb
Grobschlichthieb	

Je kleiner die Hiebweite ist, um so feiner sind die beim Feilen erzeugten Bearbeitungsriefen. Man unterscheidet zwischen Einhiebfeilen, Doppelhiebfeilen, gefrästen Feilen und Feilen mit Raspelhieb. Für die Bearbeitung von Kupfer und Leichtmetallen verwendet man Einhiebfeilen oder gefräste Feilen. Harte Metalle, wie Stahl oder Gußeisen, sowie Pertinax bearbeitet man mit der Doppelhiebfeile. Die Raspelfeile setzt man bei Holz oder Leder ein.

Diese Feilen werden in verschiedenen Größen hergestellt. Kleine Feilen, die nicht mit einer Angel enden, sondern in einem Rundstab auslaufen, nennt man Nadelfeilen. Das Säubern der Feilen geschieht mit einer Feilenbürste. Festsitzende Späne soll man nie mit einer Reißnadel entfernen, sondern dazu ein Stück Messing- oder Aluminiumblech verwenden.

3.16 Bohrwerkzeuge

Das einfachste Bohrwerkzeug, das wir allerdings nur bei Holz verwenden können, ist der Nagelbohrer. An der Spitze besitzt er ein Holzschraubengewinde, das beim Einschrauben in das Holz das axial angeordnete Messer nachzieht. Aus unserer Kinderzeit ist auch bestimmt der Drillbohrer bekannt, den wir allerdings nur bei dünnen Werkstoffen einsetzen können. Zu den einfachen Bohrmaschinen zählt noch die Bohrwinde (Brustleier), die entweder ein Bohrfutter besitzt oder für Bohrer mit Vierkantschaft ausgelegt ist. Bei den Handbohrmaschinen unterscheidet man zwei Typen. Die einfache Handbohrmaschine besitzt nur eine Bohrgeschwindigkeit und ein offenes Kegelradgetriebe. Bei ungeschickter Handhabung kann man sich an diesem Getriebe leicht verletzen. Wesentlich vorteilhafter sind die Handbohrmaschinen mit Zweiganggetriebe. Der Wechsel der Bohrgeschwindigkeit erfolgt bei den meisten Konstruktionen durch Umwechseln der Handkurbel und des Haltegriffes. Diese Handbohrmaschinen gibt es bis zu Bohrerdurchmesser von 6, 10 oder 13 mm.

Mit wesentlich größeren Bohrgeschwindigkeiten arbeitet die elektrische Handbohrmaschine. Meist ist sie auf zwei Geschwindigkeiten umschaltbar, die Größe geht bis zu einem Bohrerdurchmesser von 25 mm. In Verbindung mit einem Bohrständer läßt sich die elektrische Handbohrmaschine zur Tischbohrmaschine erweitern. mit der wesentlich genauere Bohrungen hergestellt werden können. Beim Arbeiten mit der elektrischen Handbohrmaschine ist darauf zu achten, daß stets eine Schutzerde benutzt wird (Schuko-Betrieb). Bild 50 zeigt einige Bohrmaschinen.

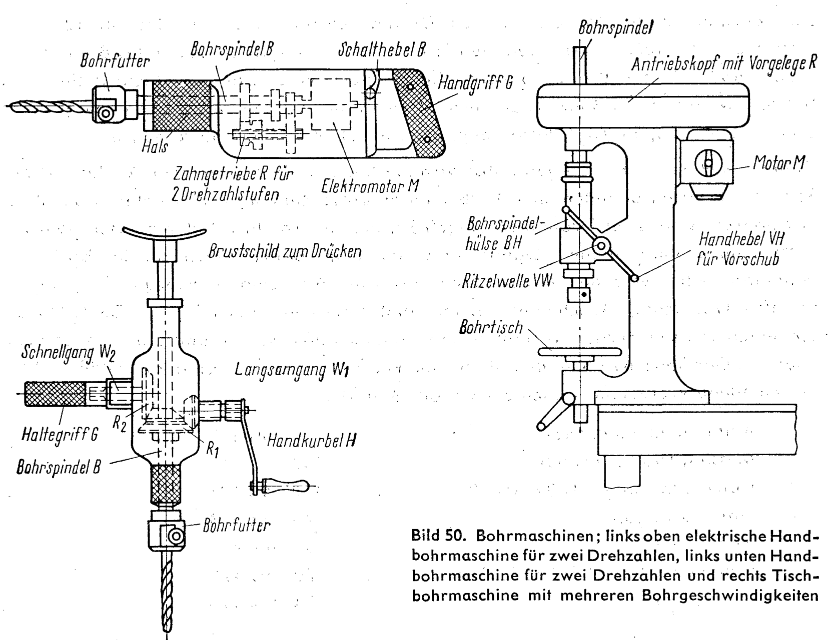


Bild 50. Bohrmaschinen; links oben elektrische Handbohrmaschine für zwei Drehzahlen, links unten Handbohrmaschine für zwei Drehzahlen und rechts Tischbohrmaschine mit mehreren Bohrgeschwindigkeiten

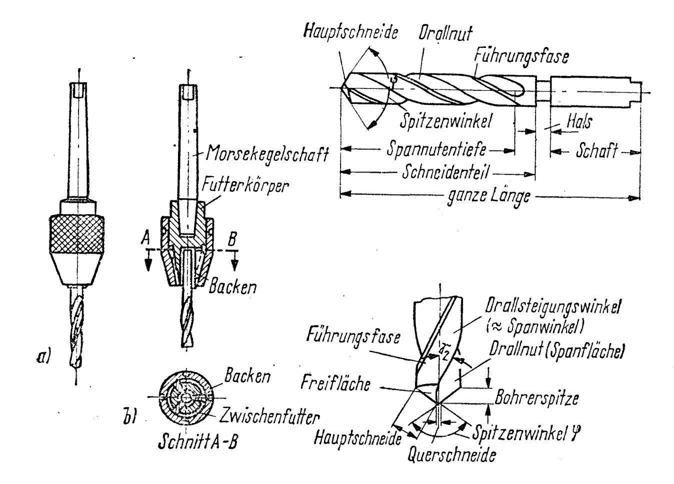


Bild 51. Bohrwerkzeuge; links Dreibacken-Bohrfutter mit konischem Schaft, rechts oben Spiralbohrer mit Bezeichnung der Einzelheiten und rechts unten die Bohrerspitze mit den entsprechenden Winkeln

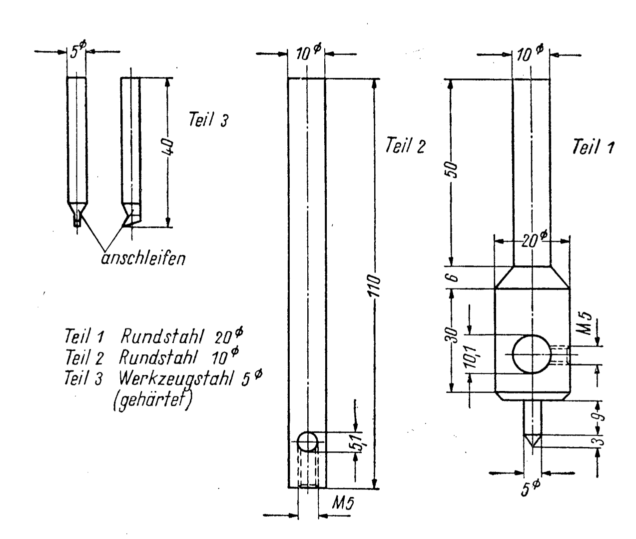
In Klubstationen ist oft eine elektrische Tischbohrmaschine vorhanden. Die Umschaltung der Bohrgeschwindigkeit erfolgt bei modernen Tischbohrmaschinen durch eine Umschaltung des Getriebes oder des Motors. Ältere Ausführungen besitzen einen Riemenantrieb mit Riemenscheiben verschiedenen Durchmessers.

Zum Einspannen des Bohrers dient ein Dreibacken-Bohrfutter. Die drei um 120° versetzten Backen werden beim Spannen fest an den zylindrischen Schaft des Bohrers gepreßt, wodurch der Bohrer gleichzeitig zentriert wird. Um ein Nachrutschen des Bohrers während des Bohrens zu verhindern, ist der Bohrer bis zum Anschlag in das Bohrfutter einzuspannen. Bild 51 zeigt das Bohrfutter und den Spiralbohrer.

Zum Herstellen der Bohrungen selbst wird der Spiralbohrer verwendet. An der unteren Seite des Bohrers befinden sich die beiden Hauptschneiden. In den unteren Schaftteil des Bohrers sind zwei Drallnuten eingefräst, die zur Abführung der bei der Bohrung entstehenden Späne dienen. Damit der Umfang des Bohrers nicht an der Bohrlochwandung reibt, wird der Außenmantel bis auf eine schmale Führungsfase hinterschliffen. Das richtige Anschleifen des Spiralbohrers ist eine Kunst für sich. Beide Hauptschneiden müssen gerade verlaufen und hinterschliffen sein, damit der Bohrer nicht quetscht. Der Spitzenwinkel, den die beiden Hauptschneiden miteinander bilden, ist für verschiedene Werkstoffe verschieden groß (Bild 51).

Aluminiumlegierungen	130° bis 140°
Messing (Ms 58, Ms 60)	130°
Kupfer, Messing (Ms 80, Ms 90)	120° bis 125°
Stahl, Grauguß	116° bis 118°
Hartpapier	80° bis 90°
nichtgeschichtete Preßstoffe, Trolitul	50° bis 60°
Hartgummi	30° bis 40°

Bild 52. Maßskizze für einen Kreisschneider



Beim Senken beträgt der Spitzenwinkel für Senk- und Linsensenkschrauben 90°, für Senknieten 75°. Die Senktiefe kann bei Tischbohrmaschinen mit einem verstellbaren Anschlag festgelegt werden.

Zum Herstellen von größeren runden Durchbrüchen bei Blechen verwendet man den Kreisschneider. Er wird mit seinem Schaft wie ein Spiralbohrer eingespannt. An einem Querbalken sitzt ein kleiner Drehstahl, der aus dem Blech eine entsprechende, kreisförmig verlaufende Nut ausspant.

Bild 52 zeigt eine Maßskizze für einen Kreisschneider, den man selbst herstellt. Man kann ganz einfachen Baustahl verwenden. Der Schaft, der in das Bohrfutter gespannt wird, ist 50 mm lang und besitzt einen Durchmesser von 10 mm. Das untere Schaftende ist 20 mm stark und enthält unten einen zentrisch sitzenden, 5 mm starken Führungsstift. In einer Bohrung von 10 mm Durchmesser befindet sich der Stahlhalter. An einem Ende des Stahlhalters sitzt in einer 5,1-mm-Bohrung der Schneidstahl.

Zu diesem Kreisschneider gehören zwei Schneidstähle, einer für Kunststoffe und weiches Metall mit einem Schnittwinkel von 45°, einer für härtere Metalle mit einem Schnittwinkel von 70°. Die Schneidstähle werden gehärtet, indem man sie in glühendem Zustand in Öl abschreckt. Anschließend werden sie noch einmal kurz überschliffen, und der Kreisschneider ist einsatzbereit. Bild 53 zeigt die Ausführung dieses Kreisschneiders.

Eine andere Möglichkeit zur einfachen Herstellung größerer Löcher in Blechen besteht in der Anwendung eines Stanzwerkzeuges (Lochstanze), das mit einem Schraubenschlüssel gespannt wird. Bild 54 zeigt die Maßskizze für dieses dreiteilige Stanzwerkzeug. Für jeden Lochdurchmesser muß ein passendes Stanzwerkzeug benutzt werden. Für Elektrolytkondensatoren mit Schraubfassung benötigt man einen Lochdurchmesser

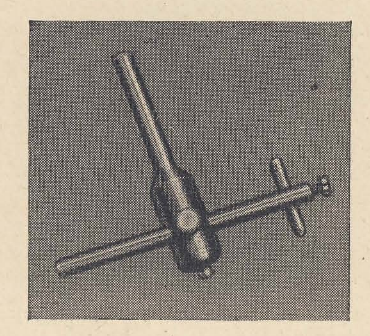
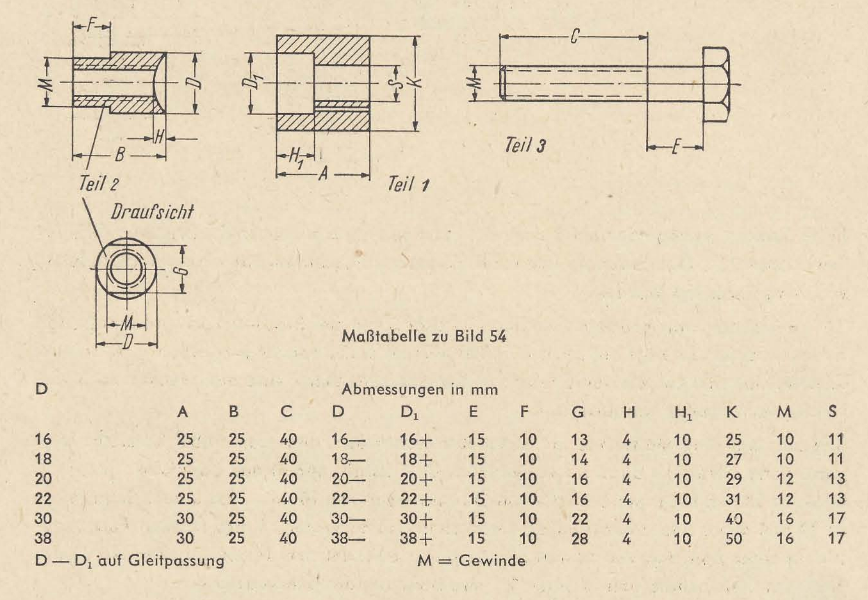


Bild 53 (links). So sieht der fertige Kreisschneider aus

Bild 54 (unten). Maßskizze für ein dreiteiliges Stanzwerkzeug



Maßtabelle zu Bild 54

D	Abmessungen in mm												
	A	B	C	D	D_1	E	F	G	H	H_1	K	M	S
16	25	25	40	16—	16+	15	10	13	4	10	25	10	11
18	25	25	40	18—	18+	15	10	14	4	10	27	10	11
20	25	25	40	20—	20+	15	10	16	4	10	29	12	13
22	25	25	40	22—	22+	15	10	16	4	10	31	12	13
30	30	25	40	30—	30+	15	10	22	4	10	40	16	17
38	30	25	40	38—	38+	15	10	28	4	10	50	16	17

D — D_1 auf Gleitpassung M = Gewinde

von 16 mm, für Röhrenfassungen solche von 22 mm (Miniatur), 30 mm (Oktal) und 38 mm (Stahlröhren).

Mit dem Stanzwerkzeug arbeitet man in folgender Weise: Teil 2 wird in einen Schraubstock mit den abgefeilten Flächen eingespannt. Darauf kommt das Blech, das entsprechend der Schraube eine Bohrung an der Stelle besitzt, wo das Loch ausgestanzt werden soll. Darüber legt man den Teil 1, steckt die Schraube 3 durch und schraubt sie in den Teil 2 ein. Der eigentliche Stanzvorgang wird durch festes Eindrehen der Schraube mit einem Schraubenschlüssel durchgeführt. Damit der Stempel gut trennt, ist er etwas hohlgeschliffen. Um das ausgestanzte runde Blech aus dem Teil 1 zu entfernen, enthält dieses eine Bohrung; dort schlägt man es mit einem Stift heraus.

3.17 Gewindeschneidwerkzeuge

Bei den Gewinden unterscheidet man zwischen Außengewinden (z. B. Schrauben) und Innengewinden (z. B. Muttern). Im Rahmen dieses Buches interessiert uns nur das Gewindeschneiden von Hand. Außengewinde werden mit ringförmigen Schneideisen geschnitten, die in einem Schneideisenhalter eingespannt sind. Das Schneideisen kann man als eine Mutter ansehen, bei der das Gewinde durch Aussparungen in kleine Schneidstähle aufgeteilt wurde. Für jede Gewindeform und -größe muß ein anderes Schneideisen verwendet werden. Da uns nur die metrischen Gewinde interessieren, trägt das Schneideisen für ein 3-mm-Außengewinde die Bezeichnung „M 3“. Im Gegensatz zum Arbeiten mit dem Gewindebohrer wird das Außengewinde in einem Arbeitsgang fertiggeschnitten.

Das Innengewinde schneidet man mit Hilfe von Gewindebohrern in ein vorgebohrtes Loch. Da die Spanabfuhr ungünstiger ist als beim Schneiden eines Außengewindes, wird das Innengewinde in drei Arbeitsgängen geschnitten. Der Vorschneider nimmt etwa 60 Prozent des zu entfernenden Werkstoffes weg, der Mittelschneider etwa 30 Prozent. Der Fertigschneider bringt das Innengewinde auf das Nennmaß. Die Gewindebohrer besitzen am oberen Schaftende einen Vierkant, auf den das zum Drehen notwendige Windeisen aufgesetzt wird. Am besten eignet sich dazu ein verstellbares Windeisen, bei dem der Gewindebohrer immer in der Mitte sitzt, so daß gleich lange Hebelarme die Drehbewegung hervorrufen. Im Grunde genommen stellt der Gewindebohrer eine Schraube dar, bei der Nuten zur Spanabfuhr eingefräst sind. Vor-, Mittel- und Fertigschneider tragen zu ihrer Kennzeichnung entweder die Zahlen 1 bis 3 oder eine entsprechende Anzahl Ringe am oberen Schaftende. Beim Schneiden von nicht zu langen Gewinden in Durchgangslöcher kann man den Maschinengewindebohrer verwenden, bei dem Vor-, Mittel- und Fertigschneider hintereinander auf einem Schaft sitzen. Dadurch ist es möglich, das Innengewinde in einem Arbeitsgang zu schneiden. Bild 55 zeigt diese Gewindeschneidwerkzeuge.

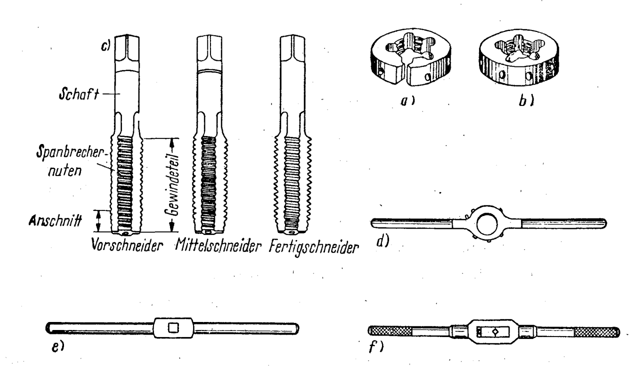


Bild 55. Gewindeschneidwerkzeuge; offenes Schneideisen (a), geschlossenes Schneideisen (b), ein kompletter Satz Gewindebohrer (c), Schneideisenhalter (d), Einlochwindeisen (e) und verstellbares Windeisen (f) für Gewindebohrer

3.18 Nietwerkzeuge

Während das Verschrauben eine jederzeit lösbare Verbindung darstellt, zählt die Nietverbindung zu den unlösbaren Verbindungen. Nur durch Zerstörung des Verbindungsteiles (z. B. Aufbohren) läßt sich die Nietverbindung wieder lösen. Während man bei einer Nietverbindung mit beiderseits einem Senkkopf nur einen Hammer und eine glatte, ebene Unterlage benötigt, sind bei Nietverbindungen mit halbrunden Köpfen einige Werkzeuge notwendig, wie sie Bild 56 zeigt.

Mit dem Nietenzieher werden die zu verbindenden Teile aneinandergepreßt. Der Gegenhalter enthält eine Senkung, die den am Niet befindlichen Setzkopf aufnimmt, damit er bei der Nietung nicht verformt wird. Mit dem Kopfsetzer wird dann der Schließkopf der Nietverbindung geformt. Die Schaftlänge des verwendeten Nietes soll daher nur so weit überstehen, daß der Schließkopf gebildet werden kann. Diese Zugabe z beträgt für den Nietdurchmesser d

Halbrundkopf $z = 1{,}5\,d$
Senkkopf $z = 0{,}9\,d$

Der Senkkopfniet hat einen Senkwinkel von 75°. Da der Niet beim Schlagen gestaucht wird, muß der Bohrdurchmesser etwas größer sein als der Durchmesser des Nietschaftes.

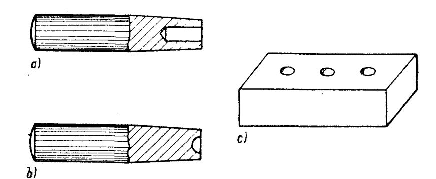


Bild 56. Nietwerkzeuge; Nietzieher (a), Nietkopfsetzer (b) und Gegenhalter (c) zum Einspannen in den Schraubstock

3.19 Lötwerkzeuge

Zu den wichtigsten Arbeitsvorgängen beim Radiobasteln zählt das Löten. Alle leitenden Verbindungen zwischen den Bauelementen eines funktechnischen Gerätes werden durch eine Lötung hergestellt. Dazu benötigt man ein Lot und einen erhitzten Lötkolben. Beim Löten unterscheidet man zwischen Hartlötung und Weichlötung. Für die Radiopraxis kommt nur die Weichlötung in Frage. Als Lot wird Lötzinn 60 (60 Prozent Zinn, 40 Prozent Blei) verwendet, dessen Schmelzpunkt bei 185 °C liegt. Da bei der Erwärmung der zu lötenden Stelle eine Oxydation auftritt, die ein Haften der Metalle verhindert, benutzt man ein sogenanntes Flußmittel. Dieses zerstört die Oxydschicht, und das Lot fließt. In der Radiopraxis sollte man unbedingt darauf achten, daß nur säurefreie Flußmittel verwendet werden. Es kommt deshalb als Flußmittel nur reines Kolophonium oder in Spiritus gelöstes Kolophonium in Frage (Mischungsverhältnis 1:1). Für die Radiopraxis gibt es auch Lötzinndrähte, die eine Kolophoniumader enthalten. Dadurch wird die Lötarbeit wesentlich vereinfacht. Für stärker oxydierte und schwer lötbare Stellen kann man zweckmäßig als Flußmittel auch Harnstoff nehmen, der ebenso wie

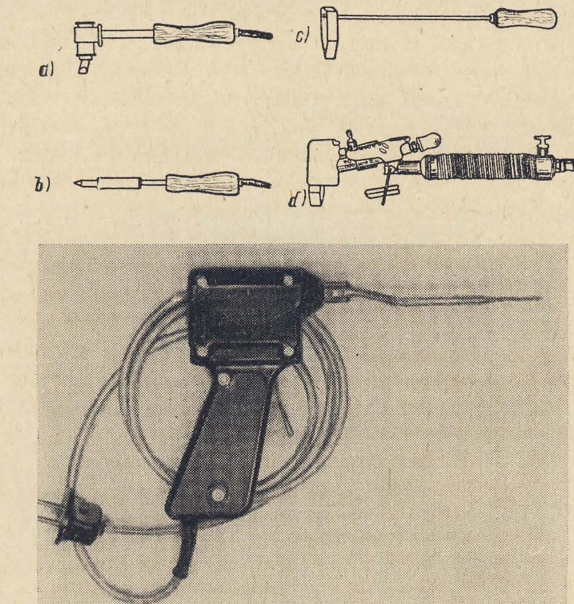


Bild 57. Lötwerkzeuge; Elektrischer Lötkolben größerer Leistung (a), normaler Radiolötkolben (b), Hammerlötkolben (c) und Benzinlötkolben (d)

Bild 58. Moderne elektrische Lötpistole mit Beleuchtungslampe

Kolophonium angewendet wird, für die Lötstelle ungefährlich ist, aber ein intensiveres Flußmittel darstellt.

Lötkolben gibt es in den verschiedensten Ausführungen. In der Radiopraxis verwendet man einen elektrischen Lötkolben von etwa 40 bis 100 W. Bei diesen Lötkolben heizt eine Heizspirale die Kupferspitze auf ungefähr 250 °C. Die Kupferspitze kann gerade oder gebogen sein. Sie wird vorn in Form einer Schraubenzieherklinge gefeilt. Bei längerem Betrieb kann durch zu große Erwärmung die Kupferspitze leicht verzundern. Durch Nachfeilen oder ständiges Reinigen mit einer Drahtbürste hält man die Kupferspitze sauber. Bei größeren Lötpausen sollte man durch einen Vorwiderstand die Leistungsaufnahme des Lötkolbens verringern. Sauberkeit der Kupferspitze und ihre gute Verzinnung sind maßgebend für eine einwandfreie Lötung. Bekannt ist noch der Hammerlötkolben, der lediglich aus einer gehalterten Kupferspitze besteht. In einem offenen Feuer oder mit einer Lötlampe wird die Kupferspitze zum Löten erwärmt. Diesen Hammerlötkolben verwendet man vorteilhaft bei Portable-Einsätzen, wenn kein elektrischer Anschluß in der Nähe ist. Bild 57 zeigt verschiedene Ausführungsformen von Lötkolben.

Mit größeren elektrischen Lötkolben (bis etwa 500 W) bereitet das Löten von Kupferblechen, Messingblechen, Weißblechen oder stark verkupferten Eisenblechen keine Schwierigkeiten. Dagegen muß man bei Aluminiumblech besondere Verfahren anwenden. Infolge der starken Oxydschicht, die sich bei der Erwärmung des Aluminium-

bleches sofort bildet, reichen die bekannten Flußmittel wie Lötwasser, Lötpaste oder Kolophonium nicht mehr aus. In neuerer Zeit setzt sich daher immer mehr das Ultraschall-Löten von Aluminiumblech durch, bei dem die Ultraschall-Vibrationen die Oxydhaut zerreißen und das Lot mit dem Aluminiumblech eine innige Verbindung eingehen kann.
Die moderne Ausführung eines Lötwerkzeuges stellt die Lötpistole dar, wie sie z. B. der VEB Fernmeldewerk Arnstadt herstellt. Mit einer solchen Lötpistole arbeitet man sehr rationell, da in den Lötpausen kein Strom verbraucht wird. Die Lötbereitschaft ist nach wenigen Sekunden vorhanden, da die Anheizzeit nur 6 bis 8 Sekunden beträgt. Die Lötpistole kann allerdings nur bei Wechselstrom 220 V benutzt werden und hat eine Aufnahmeleistung von etwa 55 VA. Durch den eingebauten kleinen Scheinwerfer werden die zu bearbeitenden Lötstellen beleuchtet und gleichzeitig angezeigt, daß die Lötpistole eingeschaltet ist. Die Konstruktion der Lötpistole ermöglicht Arbeitsvorgänge für mehrere Lötstellen. Sie ist jedoch nicht für Dauerbetrieb vorgesehen und soll nicht länger als drei Minuten ohne Unterbrechung in Betrieb bleiben. Bild 58 zeigt diese praktische Lötpistole.

3.2 Mit welchen Werkstoffen haben wir zu tun

3.21 Eisenmetalle

Die verwendeten Eisensorten sind Legierungen des Eisens mit verschiedenen anderen Elementen. Man benutzt es in der Radiopraxis in Form von Blechen, Winkeleisen oder Rundmaterial. Zum Bau von Chassis und Gehäusen wählt man je nach der Beanspruchung Blechstärken zwischen 0,5 und 2 mm. Da Eisen sehr leicht rostet, muß es allseitig mit einer haltbaren Farbe gestrichen werden. Besser ist es, das Eisenblech galvanisch, z. B. durch Verkupfern oder Kadmieren, behandeln zu lassen. Da Eisen magnetische Eigenschaften aufweist, ist es zur Abschirmung von Magnetfeldern gut geeignet. Allerdings muß man bei der Verwendung von Eisen darauf achten, daß es nicht im Magnetfeld von Hochfrequenzkreisen liegt, dabei würden unkontrollierbare Verluste entstehen. Beim Bau von Netzgeräten und Niederfrequenzverstärkern ist Eisen in jedem Falle angebracht.
Siliziumhaltige Eisenbleche bezeichnet man als Dynamo- oder Transformatorenbleche. Sie werden als Kernmaterial (M-Schnitt, E/I-Schnitt) für Netztransformatoren, NF-Übertrager, Siebdrosseln usw. verwendet. Eisenlegierungen mit Aluminium, Nickel und Kobalt bilden magnetische Werkstoffe für Permanentmagneten, z. B. für Lautsprecher (Alnico).
Infolge der mit der Frequenz steigenden Wirbelstromverluste nimmt man für Hochfrequenzspulen Massekernwerkstoffe, die aus feinkörnigem Eisenpulver und Isolier-Bindemitteln bestehen. Diese Massekerne werden in den verschiedensten Formen im Spritz- oder Preßverfahren hergestellt. In neuerer Zeit verwendet man an Stelle von Eisenpulver sogenannte Ferrite. Ferrite sind magnetische, nichtmetallische Kristalle, die eine Verbindung von dreiwertigem Eisenoxyd (Fe_2O_3) mit einem oder mehreren Oxyden

zweiwertiger Metalle darstellen. Der Vorteil der Ferrite liegt in der geringen elektrischen Leitfähigkeit, so daß die Wirbelstromverluste gering sind. Durch die höhere Permeabilität ist auch die Spulengüte groß, da die wenigen notwendigen Windungen den Kupferverlust gering halten.

3.22 Nichteisenmetalle

Die wichtigsten in der Radiopraxis verwendeten Nichteisenmetalle sind das Aluminium und seine Legierungen. Infolge seines geringen spezifischen Gewichtes zählt Aluminium zu den Leichtmetallen. Es wird vorwiegend zum Bau von Chassis und Einzelteilen in den Stärken von 1,5 bis 3 mm verwendet. Für den Antennenbau im UKW- und Fernsehbereich braucht man Aluminiumrohre. Reinaluminium wird in der Elektrotechnik auch an Stelle von Kupfer als Leitermaterial benutzt. Da man Aluminium nicht ohne besondere Hilfsmittel löten kann, werden in der Radiopraxis kaum Aluminiumdrähte eingesetzt. Elektrische Verbindungen z. B. an Chassis aus Aluminium werden durch Verschraubung hergestellt.

Bei allen metallischen Verbindungen von verschiedenartigen Werkstoffen muß man auf die dabei auftretende Kontaktkorrosion achten. Je nach der Stellung der verwendeten Metalle in der elektrolytischen Spannungsreihe bildet sich im Freien oder Feuchten, durch Korrosion hervorgerufen, ein Spannungspotential. Während Verbindungen von Aluminium mit Eisen oder Zink möglich sind, soll man Aluminium und Kupfer nicht direkt zusammenbringen. Für den Chassisbau verwendet man ein mittelhartes Aluminiumblech. Das unter dem Namen Duraluminiumblech bekannte Blech muß vor dem Biegen warmgemacht werden, da es sonst bricht.

Fast ebenso vielseitig wie Aluminium ist die Anwendung von Kupfer in der Radiopraxis. Auf Grund des guten elektrischen Leitvermögens wird es in erster Linie als Leitermaterial verwendet. So als Kupfer-Lackdraht für Transformatoren, als Schaltdraht für funktechnische Geräte, als Koaxialkabel oder Bandleitung für Antennen, als HF-Litze für Hochfrequenzspulen usw. Da Kupfer sich gut löten läßt, benutzt man es auch gern für dichte Abschirmungen. Billiger ist Messingblech, das sich ebensogut löten läßt. Messing ist eine Kupfer-Zink-Legierung. Federhartes Messingblech (63 Prozent Kupfer, 37 Prozent Zink) verwendet man als federndes Kontaktmaterial für Wellenschalter, Relais usw.

Silber kommt nur in Form von galvanischen Überzügen vor. Bekanntlich ist die elektrische Leitfähigkeit von Silber noch besser als die des Kupfers. Im Bereich der höheren Frequenzen (KW und UKW), wo die Stromverdrängung infolge des Skineffektes bereits eine Rolle spielt, verwendet man versilberte Kupferspulen. Den Vorgang kann man sich so vorstellen, daß der hochfrequente Wechselstrom nur auf der Oberfläche des Leiters fließt. Wird dieser versilbert, so hat man die Gewähr, das Möglichste für eine gute elektrische Leitfähigkeit getan zu haben. In der Dezimetertechnik geht man sogar so weit, die Lechersysteme aus versilberten Keramik-Rundstäben aufzubauen, da ja im Innern sowieso kein Energietransport stattfindet.

Widerstandsdrähte, wie sie bei Drahtwiderständen, Meßwiderständen oder Schiebewiderständen verwendet werden, z. B. Nickelin, Manganin, Konstantan, sind Legierungen aus Kupfer, Nickel und Mangan.

3.23 Nichtmetallische Werkstoffe

Die nichtmetallischen Werkstoffe haben den Vorteil, daß sie, elektrisch gesehen, Nichtleiter sind. Man bezeichnet sie daher landläufig auch als „Isolierstoffe". Das trifft allerdings nicht in jedem Fall zu, es ergeben sich dabei allerhand Überraschungen. So kann z. B. schwarzer Gummi, wie man ihn zur Isolierung des Fußbodens verwendet, besser leitend sein, als man allgemein annimmt. Ist nämlich der Gummi mit Ruß geschwärzt, so stellt die Gummiplatte praktisch einen Kohlewiderstand dar. Auch mancher Sendeamateur kann Wunderdinge über das Verhalten solcher „Isolierstoffe" berichten. Also muß man bei der Anwendung von Isolierstoffen beachten, für welche Zwecke man sie nehmen will.
Einer der bekanntesten nichtmetallischen Werkstoffe ist Pertinax oder Hartpapier. Papierbahnen werden zuerst mit einem Kunstharz getränkt und getrocknet, anschließend je nach der Stärke des Pertinax unter hoher Temperatur und hohem Druck zusammengepreßt. Man erhält auf diese Weise Pertinax-Platten. Ähnlich geht auch die Fertigung von Pertinax-Rohren vor sich. Dieses Hartpapier gibt es in den Klassen I bis IV. Für Sonderzwecke wird ein tropenfestes Pertinax hergestellt. Bei der Anwendung von Pertinax ist darauf zu achten, daß es Feuchtigkeit aufnimmt. Wird statt Papier ein Gewebe verpreßt, so spricht man von Hartgewebe. Der Handelsname ist Novotext.
Zu den künstlichen Isolierstoffen zählen Polystyrol (Trolitul) und Plexiglas. Während Polystyrol sehr gute dielektrische Eigenschaften aufweist, ist das bei Plexiglas nicht der Fall. Polystyrol bildet die Grundlage für Trolitul und für Styroflex. Die Styroflexfolie wird vor allem zur Herstellung von Kondensatoren verwendet, während man Trolitul für Bauteile der Hochfrequenztechnik (Spulenkörper usw.) und für Koaxialkabel benutzt. Trolitulreste soll man nicht wegwerfen, da sie, in Benzol aufgelöst, einen hochwertigen, verlustfreien Klebstoff ergeben. Trolitul und Plexiglas werden in verschiedenen Plattenstärken gehandelt. Bei der Bearbeitung ist darauf zu achten, daß diese künstlichen Isolierstoffe thermoplastisch sind. Da Plexiglas keine guten dielektrischen Eigenschaften aufweist, verwendet man es für Skalenzeiger, Skalenfenster usw.
Ein sehr hochwertiger Isolierstoff ist Keramik, z. B. Calit oder Frequenta. Leider läßt sich dieses Material nicht ohne weiteres bearbeiten. Deshalb kann der Bastler es nur in Form von Fertigteilen benutzen. Wo es also auf eine hohe Verlustfreiheit und Wärmebeständigkeit ankommt, verwendet man z. B. Röhrensockel, Klemmleisten, Lötstützpunkte, Spulenkörper usw. aus Keramik. Keramische Massen bilden auch das Dielektrikum der Hochfrequenz-Rohrkondensatoren und Trimmer.

3.24 Hilfsstoffe

Zu den Hilfsstoffen zählen in der Bastelpraxis die zum Schmieren, Kühlen, Schleifen oder Reinigen benötigten Stoffe. So muß ab und zu das Getriebe der Handbohrmaschine geölt werden. Als Öl sollte man nur ein gutes Maschinenöl verwenden (Nähmaschinen-

öl), das harz- und säurefrei ist. Das gleiche gilt für eventuell zu verwendende Schmierfette. Bei Bohrarbeiten mit schnell laufenden Bohrmaschinen ist für eine Kühlung des Bohrers zu sorgen, damit er nicht ausglüht. Dazu nimmt man Wasser, Öl oder Spiritus. Um Aluminium-, Holz- oder Pertinaxflächen ein gefälliges Aussehen zu geben, schleift man sie mit Schmirgelleinen oder Sandpapier. Wenn man eine Aluminiumfläche mit Lackfarbe streichen will, bringt man vorher durch Schleifen mit Schmirgelleinen alle Kratzer weg. Schmirgelleinen und Sandpapier gibt es in den verschiedensten Rauhigkeitsgraden. Einige Bogen sollten immer vorrätig sein. Will man einzelne Teile entfetten, z. B. vor dem Anstreichen, so verwendet man „Tri" (Trichloräthylen) oder „Tetra" (Tetrachlorkohlenstoff). Lötstellen, wie Röhrensockel oder Lötösenleisten, reinigt man mit Spiritus von Kolophoniumresten.

3.3 Wie führen wir unsere Bastelarbeit aus

3.31 Messen und Anreißen

Messen und Anreißen sind nur vorbereitende Arbeiten, die vor der Bearbeitung eines Werkstückes vorgenommen werden. Dabei überträgt man die in einer Zeichnung oder Skizze festgelegten Maße auf das zu bearbeitende Werkstück. Die zum Messen wichtigen Werkzeuge, Schieblehre und Stahlmeßband, wurden bereits in Abschnitt 3.11 behandelt. Zum Festlegen der Anrißlinien verwendet man das Stahlmeßband. Beim Festlegen mehrerer aufeinanderfolgender Punkte mißt man immer von einer Bezugskante aus. Man vermeidet dadurch die Addition von Meßfehlern. Diese würden mehr oder weniger groß auftreten, wenn man von Punkt zu Punkt jeweils das Stahlmeßband neu anlegte (Kettenmaße!).

Da beim Anreißen mit der Stahlreißnadel feine Risse in der Oberfläche des Werkstückes auftreten, kann man diese nicht in jedem Fall verwenden. Werden Biegekanten angerissen, so sollte das möglichst mit einem Bleistift oder einer Messing-Reißnadel geschehen. Sonst bricht durch die Biegebeanspruchung das Material an dieser Stelle. Vor allem trifft das zu für Aluminium, Kupfer und Messing in Blechform. Die Messingreißnadel ist deshalb gut verwendbar, weil sie so weich ist, daß sie auf einem harten Werkstoff eine Messingspur zurückläßt, aber die Oberfläche nicht verletzt. Glattgefeilte Eisenflächen lassen sich schlecht anreißen, da man die Rißlinien kaum erkennen kann. Hier hilft ein kleiner Kniff, bei dem aber Vorsicht geboten ist, da das verwendete Material giftig ist. Man befeuchtet die anzureißende Fläche mit Wasser und reibt sie mit einem Kupfervitriol-Kristallbrocken ein. Die Oberfläche erhält dadurch eine rötliche Farbe (Verkupferung), auf der die weißen Anrißlinien dann gut zu erkennen sind.

Zum Anreißen der senkrecht zu einer Bezugskante liegenden Anrißlinien verwendet man den Anschlagwinkel. Kreise werden mit einem spitzen Zirkel angerissen, dessen Spitzen gehärtet sind. Der Kreismittelpunkt erhält einen Körnerschlag, damit der Spitzzirkel im Kreismittelpunkt in der Körnervertiefung eine gute Führung hat. Der Zirkel muß sehr stramm gehen, am besten eine Feststelleinrichtung besitzen. Bohrlöcher er-

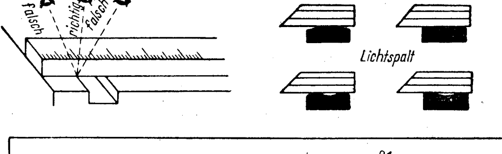


Bild 59. Ablesefehler durch falsche Blickrichtung; Parallaxe bei einem Meßstab (links) und Prüfen der Ebenheit mit dem Haarlineal nach der Lichtspaltmethode (rechts)

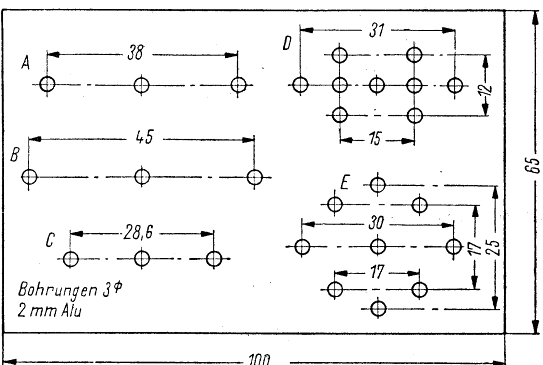


Bild 60. Bohrschablone für Oktalsockel (A), Stahlröhrensockel (B), Miniaturröhrensockel (C), Neumann-Bandfilter (D) und Görler-Bandfilter (E)

halten einen kräftigen Körnerschlag. Dadurch bekommt der Bohrer eine Führung und verläuft nicht.

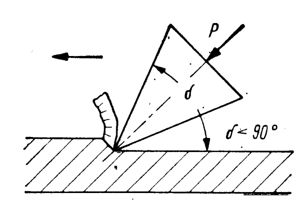
Für das Messen gibt es noch einige Werkzeuge, die man aber nicht unbedingt benötigt. Das ist z. B. die Rundungslehre, der verstellbare Winkelmesser, die Blechlehre zum Bestimmen der Blechdicke, die Drahtlehre usw. Die Ebenheit wird unter Verwendung eines Haarlineals mittels Lichtspaltmethode überprüft. Man legt die Meßkante des Haarlineals auf die zu bearbeitende Fläche und hält beides gegen das Licht. Je weniger Licht man hindurchsieht, um so ebener ist die bearbeitete Fläche. Genau nach der gleichen Methode überprüft man z. B. den rechten Winkel (Bild 59).

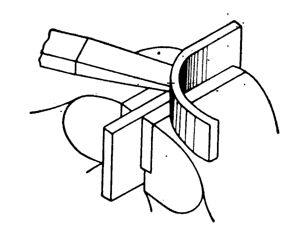
Hat man immer wiederkehrende Abmessungen festzulegen, so bedient man sich einer Anreißschablone (die leicht aus einem Stück Aluminiumblech herzustellen ist). Das trifft z. B. zu bei der Festlegung der Bohrlöcher für Röhrenfassungen und für Bandfilter. Bild 60 zeigt eine derartige Anreißschablone. Sie enthält die Bohrlöcher für die Befestigung und den Kreismittelpunkt der E-Röhrenfassung, der Oktal-Röhrenfassung, der Miniatur-Röhrenfassung sowie die Bohrlöcher für die Befestigung und die Durchführungslöcher für das Neumann- und das Görler-Bandfilter.

3.32 Trennen von Werkstoffen

Im eigenen kleinen Materiallager sind die benötigten Werkstoffe meist in Form von Tafeln, Platten, Stangen usw. vorrätig. Zum Anfertigen eines Werkstückes benötigt man aber nur einen Teil davon. Durch Abtrennen erhält man die benötigte Menge zur Anfertigung des Werkstückes. Dieses Abtrennen kann auf verschiedene Weise geschehen.

Bild 61. Wirkungsweise des Flachmeißels (links) und Abmeißeln eines Blechstreifens (rechts)





Trennen mit Meißel

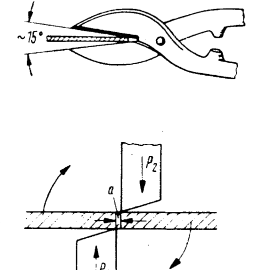
Das Trennen mit dem Meißel kommt in der Radiopraxis wenig vor. Man verwendet dazu einen Flachmeißel und einen Hammer von ungefähr 500 g. Die Keilwirkung der Schneide des Flachmeißels bewirkt die Trennung. Das zu trennende Werkstück liegt auf einer harten Unterlage oder wird in den Schraubstock eingespannt. Durch das Einschlagen der Meißelschneide entsteht eine Kerbwirkung. Bei stärkeren Stücken wird das auf beiden Seiten durchgeführt, bis sich das Material abbrechen läßt. Bleche werden an der Trennlinie in den Schraubstock eingespannt und der Meißel schräg angesetzt (Bild 61). Damit man sich am Meißel nicht verletzt, ist der durch das Schlagen am Meißelkopf entstandene Grat von Zeit zu Zeit abzuschleifen.

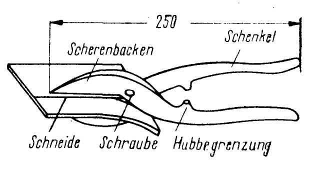
Sollen in ein Werkstück Nuten eingemeißelt werden, so verwendet man einen Kreuzmeißel entsprechender Breite. Auch zum Abtrennen vorgebohrter Kreisausschnitte benutzt man den Kreuzmeißel. Zum Ausschlagen von Löchern, allerdings nur in weichem Material oder dünnem Blech, nimmt man das Locheisen. Als Unterlage dient dabei ein Hartholzklotz. Will man Lochscheiben selbst anfertigen, so wird erst das Loch und dann der Außendurchmesser ausgeschlagen.

Trennen mit Blechschere

Während beim Meißeln nur ein Keil auf den zu trennenden Werkstoff einwirkt, treten bei der Blechschere zwei Keilwirkungen gleichzeitig auf. Dadurch entsteht ein Schervorgang, der den Werkstoff trennt. Da die Keilwirkung von zwei Seiten gleichzeitig auftritt, ist die Trennstelle nicht so mit Grat besetzt wie beim Meißeln. Es gibt also weniger Nacharbeit. Durch Scheren können leicht trennbare Werkstoffe wie Bleche, Pappe, Hartgewebe usw. getrennt werden, wenn der Querschnitt kraftmäßig bewältigt werden kann (Bild 62).

Der Radiobastler verwendet vor allem die Handblechschere, die etwa 250 mm lang ist, und zwar am günstigsten die Berliner Form, bei der Scherenbacke und Schneide gerade verlaufen. Bei der Handblechschere wird die Hebelwirkung der Scherenschenkel ausgenutzt. Bekanntlich gilt hier das Hebelgesetz der Mechanik, bei dem Kraft · Kraftarm = Last · Lastarm ist. Je länger der Kraftarm im Verhältnis zum Lastarm ist, um so weniger Kraft erfordert es, eine bestimmte Last zu bewältigen. Wird die Schere vorn umfaßt, so ist die Schneidekraft geringer, als wenn man die Schere weiter hinten umfaßt. Das gleiche gilt für den Ansatz der Schneiden. Man muß den zu trennenden Werkstoff möglichst bis zum Anschlag zwischen die Schneiden einführen,





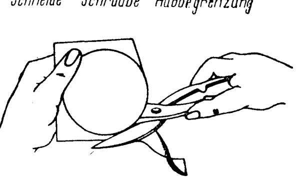


Bild 62. Arbeitsweise mit der Handblechschere; links oben der Öffnungswinkel beim Ansetzen der Blechschere, rechts oben Bezeichnungen an der Blechschere, links unten Drehmoment beim Schneiden und rechts unten Ausschneiden einer kreisrunden Blechscheibe

damit die Schneidkraft am größten wird. In der folgenden Tabelle sind die größten Dicken angegeben, die mit der Handblechschere noch bewältigt werden können.

Werkstoff	Dicke
Pappe	6,0 mm
Hartgewebe	1,5 mm
Alu-Blech, hart	1,0 mm
Alu-Blech, weich	2,0 mm
Eisenblech	0,8 mm
Messingblech	0,8 mm
Kupferblech	1,0 mm

Bei vielbenutzten Handblechscheren tritt mit der Zeit ein zu großes Schneidenspiel auf, d. h., die Schneiden stehen zu weit auseinander. Beim Schneiden dünner Bleche passiert es dann oft, daß das Blech zwischen die Schneiden gezogen wird. In diesen Fällen muß man versuchen, durch Stauchung des Nietes das zu große Schneidenspiel zu beseitigen. Damit die Schneiden einwandfrei arbeiten, sind diese keilförmig geschliffen. Der Keilwinkel beträgt etwa 75° bis 85°. Damit an den Schneidenflächen keine zu große Reibung entsteht, werden sie mit einem Freiwinkel von 2° bis 3° versehen.

Beim Schneiden von Rundungen dreht man stets das Blech, hält aber die Schere immer in der gleichen Lage. Trotz der einfachen Handhabung der Handblechschere ist beim Arbeiten Vorsicht geboten. Sehr leicht klemmt man sich an der Hubbegrenzung den Handballen ein. Aus diesem Grund ist die Schere stets nur mit einer Hand zu betätigen und mit der anderen der zu trennende Werkstoff festzuhalten. Reicht die Kraft an der Handblechschere zum Trennen eines stärkeren Bleches nicht aus, so sollte jedoch keinesfalls der eine Schenkel in den Schraubstock gespannt werden. Damit ruiniert man die Handblechschere. In solchen Fällen ist es besser, einen Meißel oder eine Handhebelschere zu verwenden. Bei der Handhebelschere ist eine Schneide fest auf einem Bock verschraubt, während die andere über ein Gelenk mit Hilfe eines längeren Hebelarmes niedergedrückt wird.

Trennen mit Säge

Stärkere Werkstoffe, die sich mit der Handblechschere nicht mehr bewältigen lassen, werden durch Sägen getrennt. Man bedient sich dazu einer Handbügelsäge, die infolge einer genormten Sägeblattlänge eine bestimmte Einspannlänge hat. Diese Einspannlänge beträgt 300 mm. Das Sägeblatt wird zwischen einen Heftkloben und einen Spannkloben gespannt, die sich an dem U-förmig gebogenen Sägebügel befinden. Der Heftkloben ist fest mit dem Sägebügel verbunden, während der Spannkloben in einem Vierkantloch gleitet. Mit Hilfe einer Flügelmutter am Spannkloben kann man das Sägeblatt spannen. Die richtige Einspannung des Sägeblattes ist sehr wichtig, damit es keine wellenförmigen Bewegungen ausführen oder sich verwinden kann, wodurch am Sägeblatt Zähne ausbrechen oder sogar das Sägeblatt entzweigehen könnte. Der Heftkloben und der Spannkloben sind kreuzweise geschlitzt, so daß vier Einspannmöglichkeiten bestehen. Das wirkt sich vorteilhaft aus, wenn durch den Bügel die Schnittlänge begrenzt ist. Durch Umspannen um 90° wird bei schmalen Werkstücken meist eine längere Schnittlänge bewältigt, da dann der Bügel rechts oder links am Werkstück vor-

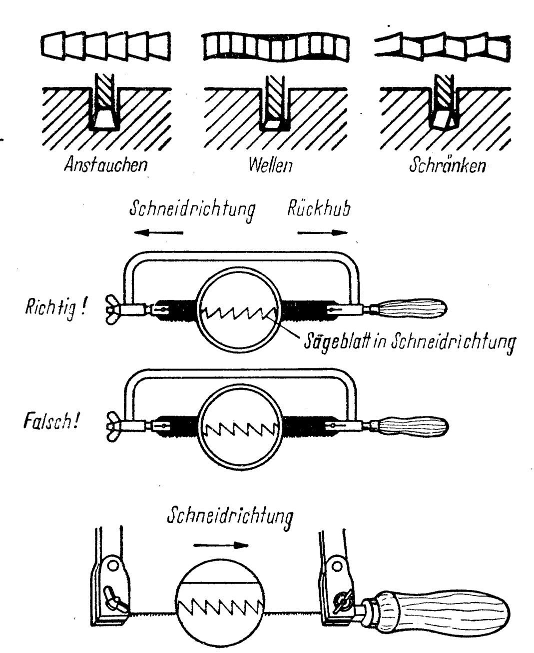


Bild 63. Verschiedene Zahnformen der Metallsägeblätter

Bild 64. Richtiges Einspannen des Sägeblattes bei der Handbügelsäge und bei der Laubsäge

beigleiten kann. Das Sägeblatt enthält eine Vielzahl von kleinen Zähnen oder Schneiden, die wie kleine Keile den Werkstoff angreifen. Jeder Sägezahn löst einen kleinen Span von dem zu trennenden Werkstoff ab. Je kleiner die Zähnezahl auf einer bestimmten Länge ist, um so größer ist der Spanwinkel. Es wird also bei einem Schnitt mehr Mate-

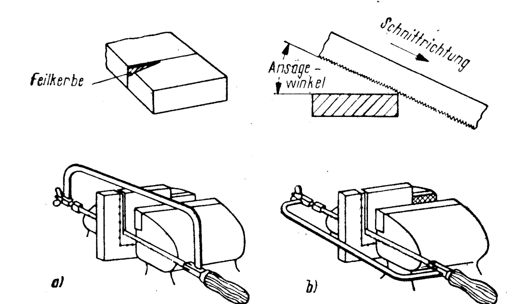


Bild 65. Zum besseren Anschnitt der Säge wird mit der Feile vorher angekerbt (links oben); die Säge wird mit einem bestimmten Winkel angesetzt (rechts oben); ist der Sägeschnitt zu lang (a), dann wird das Sägeblatt umgespannt (b)

rial abgespant. Allerdings brechen Zähne mit großem Spanwinkel sehr leicht aus, wenn der Werkstoff zu spröde ist. Deshalb kann man Sägeblätter mit geringer Zähnezahl nur für weiche Werkstoffe wie Holz, Kupfer, Aluminium oder Plaste verwenden. Bei härteren Werkstoffen wie Stahl oder Pertinax muß der Spanwinkel kleiner, die Zähnezahl also größer sein. Wären die Sägezähne nur so breit wie das Sägeblatt selbst, so klemmte das Sägeblatt bereits bei kleinen Schnittiefen. Deshalb macht man die Zähne breiter als das Sägeblatt. Außerdem werden sie entweder geschränkt, gewellt oder angestaucht. Die ausgeführte Schnittfuge wird dadurch breiter, und die Säge kann frei schneiden (Bild 63).

Beim Einspannen des Sägeblattes in die Handbügelsäge muß man beachten, daß das Sägeblatt anders eingespannt wird als bei der Laubsäge. Da man mit der Handbügelsäge waagerecht sägt und in der Stoßrichtung eine größere Kraft auf die Säge ausübt, zeigen die Schneiden in Richtung zum Spannkloben (Bild 64). Beim Stoßen übt man einen Druck auf die Säge aus und hebt diesen beim Zurückziehen auf. Zum Festhalten des Sägeblattes im Heftkloben und im Spannkloben wird ein Stück Rundstahl, ein passender Eisenniet oder ein entsprechend starker Eisennagel benutzt. Man unterscheidet bei den Sägeblättern zwischen einseitig oder doppelseitig gezahnter Ausführung.

Das Werkstück wird zum Sägen fest in den Schraubstock eingespannt, damit es nicht federt. Da man beim Anschneiden oftmals abrutscht und dadurch eventuell die Kante des Werkstückes beschädigt, ist es besser, mit einer Dreikantfeile eine Kerbe an der Schnittlinie einzufeilen (Bild 65). Dadurch erhält das Sägeblatt eine gute Führung. Rohre werden nicht in einem Arbeitsgang durchgesägt, sondern nur jeweils bis an die innere Wandung und dann umgespannt. Die Sägezähne haken sehr leicht an der inneren Wandung und brechen aus. Außerdem wird durch das Umspannen die Führung besser und dadurch der Trennschnitt gerade.

Zum Einsägen von Schlitzen in Achsen oder Schraubenköpfe benutzt man die leichte, handliche Einstreichsäge. Bei der einfachen Ausführung ist das Sägeblatt eingenietet. Moderne Einstreichsägen erlauben das Auswechseln von Sägeblättern verschiedener Zähnezahl und verschiedener Stärke. Bei diesen Einstreichsägen wird das Sägeblatt mit mehreren Flügelmuttern festgeschraubt. Für das Aussägen von Durchbrüchen in dünne Bleche oder Kunststoffe kann man auch die Laubsäge verwenden. Dabei wird diese in senkrechter Lage geführt. Das Sägeblatt ist auf Zug eingespannt. Allerdings

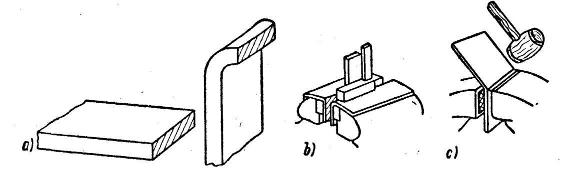
zeigen hierbei die Schneiden nach unten. Da mit der Laubsäge im Sitzen gearbeitet wird, benutzt man zur Auflage des Werkstückes einen kleinen Sägetisch aus Holz, den man mit einer Spannschraube am Tisch festklemmt. Beim Sägen muß die Laubsäge etwas nach vorn geneigt werden, damit eine größere Schnittlänge entsteht und dadurch das Ausbrechen einzelner Sägezähne vermieden wird. Zum Aussägen eines Durchbruches bohrt man ein Loch in das Blech und führt das Sägeblatt vor dem Spannen durch.

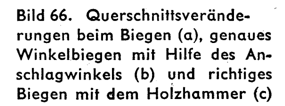
3.33 Biegen und Richten

Das Biegen und Richten zählt zu den spanlosen Bearbeitungsverfahren. Aber nicht jeder metallische Werkstoff läßt sich ohne weiteres biegen. So eignen sich Bleche aus Aluminium, Messing, Kupfer oder Eisen gut dafür. Aber zum Beispiel Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von über drei Prozent, Grauguß oder hartes Duralblech lassen sich nicht biegen, diese Werkstoffe sind zu spröde. Durch das Biegen tritt eine Verformung des Werkstoffes auf (Bild 66), der bei spröden Werkstoffen zum Bruch führt. Beim Biegen wird der Werkstoff an der Innenseite gestaucht und an der Außenseite gedehnt. Das erkennt man deutlich beim Biegen eines harten Duralbleches. Außen reißt das Blech längs der Biegekante auf, während es innen gestaucht wird. Diese Änderungen durch Dehnung und Stauchung muß man berücksichtigen, wenn man eine Biegung nach einer Maßskizze durchführen will. Bei rechtwinkligen Biegungen gibt man meist die Außenmaße an, also einschließlich der Materialstärken, und den Halbmesser des Biegeradius. Für die Errechnung der benötigten Materiallänge addiert man die beiden Außenmaße der Schenkellängen und zieht von der Summe die durch das Biegen entstehende Verkürzung ab. Diese Verkürzung erhält man aus der Beziehung

$$V = 0{,}5\,r + 1{,}25\,d;$$

r = Halbmesser des Biegeradius; d = Materialstärke.




Bild 66. Querschnittsveränderungen beim Biegen (a), genaues Winkelbiegen mit Hilfe des Anschlagwinkels (b) und richtiges Biegen mit dem Holzhammer (c)

Bekanntlich werden Bleche durch Walzen hergestellt. Dabei tritt beim Walzen in Walzrichtung eine größere Verfestigung des Werkstoffes auf als in der Querrichtung. Das ist beim Biegen von Blechen unbedingt zu beachten. Man muß deshalb ein Biegen immer senkrecht zur Walzrichtung durchführen, um Bruchgefahr zu vermeiden. Läßt sich ein Biegen parallel zur Walzrichtung nicht umgehen, so ist ein größerer Biegeradius anzuwenden.

Kleinere zu biegende Werkstücke spannt man in den Schraubstock und biegt sie durch kräftige Schläge mit einem Holzhammer bzw. mit einem normalen Schlosserhammer

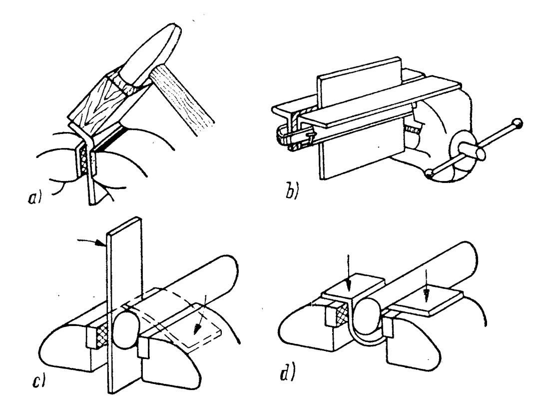


Bild 67. Bei einem kurzen Schenkel wird mit einem Holzklotz geschlagen (a), längere Bleche werden zwischen zwei Winkelschienen gespannt (b), Vorbiegen (c) und Fertigbiegen (d) einer Rohrschelle

und einem Hartholzklotz. Die Bilder 66 und 67 zeigen diesen Vorgang. Bei weichem Material werden für den Schraubstock Schutzbacken verwendet, damit die Oberfläche der Werkstücke unverletzt bleibt. Das zu biegende Werkstück ist so weit in den Schraubstock einzuspannen, bis die Biegelinie mit den Backenkanten übereinstimmt. Die senkrechte Lage, z. B. beim Biegen eines Winkels, wird mit dem Anschlagwinkel kontrolliert. Einen zu langen Biegeschenkel biegt man mit der linken Hand nach unten und schlägt mit dem Holzhammer in Höhe der Biegelinie. Ist die Biegekante länger als die Backenbreite des Schraubstockes, so spannt man das Blech zwischen zwei Winkelschienen. Diese werden auf der einen Seite in den Schraubstock gespannt und auf der anderen Seite mit einem Feilkloben geklemmt.
Der Radiobastler hat neben kleinen Befestigungswinkeln oder Befestigungsschellen vor allem Chassis zu biegen. Das Biegen von Chassis gelingt am besten auf der Abkantbank. Aber nicht immer ist eine bei einer Klubstation oder bei einem in der Nähe wohnenden Klempner erreichbar. Dann muß zu Hause Mutters Küchentisch herhalten. Man legt noch ein 5 bis 10 mm starkes Sperrholzbrett unter, damit die Tischkante nicht beschädigt wird. Stehen die notwendigen Spannschrauben nicht zur Verfügung, so helfen wir uns beim Festspannen mit dem Fleischwolf und der Spannschraube vom Laubsägebrettchen. Zuerst biegen wir mit der Hand vor und benutzen dann einen Holzhammer. Mit einem Schlosserhammer allein soll man nicht schlagen, weil dann die Biegekante lauter Hammerschläge bekommt. Man legt in solchen Fällen ein Stück Holz auf und schlägt auf dieses.
Zum Biegen von Schellen wird ein entsprechendes Stück Rundmaterial (Bild 67) benutzt. Man biegt dabei einen Halbkreis, spannt diesen in der gewünschten Höhe in den Schraubstock und biegt dann die Schellenfüße winkelig. Zum Biegen von Drähten findet die Rundzange Verwendung. Eine Drahtöse läßt sich durch stückchenweises Biegen des Drahtes herstellen. Dabei muß das Drahtende allmählich den Draht berühren, dann ist die Öse auf Drahtmitte auszurichten. Dünnwandige Rohre werden vor dem Biegen mit trockenem Sand gefüllt und die Enden mit einem Holzpfropfen verschlossen. Dadurch vermeidet man Knickgefahr. Beim Biegen von Winkeleisen

wird ein Schenkel erst im entsprechenden Winkel ausgeschnitten. Für das Wickeln von Zug- oder Druckfedern benutzt man einen Wickeldorn, der einen kleineren Durchmesser besitzt, als der Federinnendurchmesser beträgt. Für den Wickeldorn gilt angenähert

$$\text{Dorndurchmesser} = 0{,}8 \cdot \text{Federinnendurchmesser}.$$

Die Ösen für eine Zugfeder biegt man mit der Rundzange. Der Wickeldorn wird zwischen zwei Holzbacken eingespannt und hat an einer Seite eine Kurbel zum Drehen. Das Richten dient dazu, die Ebenheit verbogener Bleche wieder herzustellen. Man benutzt zum Richten einen Holzhammer oder einen Gummihammer, damit die Oberfläche des Bleches nicht beschädigt wird. Bei Verwendung eines normalen Schlosserhammers entständen auf der Oberfläche lauter kleine Beulen (Hammerschläge), die nur schwer wieder zu entfernen wären. Das verbogene Blech wird auf eine ebene, harte Unterlage gelegt und durch Hämmern gerichtet. Drähte werden durch Zug gereckt. Man spannt dazu ein Ende in den Schraubstock, wickelt den Draht einmal um ein Feilenheft oder den Hammerstiel und zieht den Draht durch, indem man sich vom Schraubstock entfernt.

3.34 Spangebende Bearbeitungen

Bei den spangebenden Bearbeitungsverfahren werden durch die Bearbeitung Abfallprodukte zusätzlich erzeugt: Feilspäne, Bohrspäne, Drehspäne usw. Für den Radiobastler sollen die Bearbeitungsverfahren behandelt werden, die er für seine handwerkliche Tätigkeit braucht.

Feilen

Hat man ein Werkstück durch Sägen oder Meißeln vorgearbeitet, so wird es durch das Feilen auf das in der Zeichnung verlangte Nennmaß gebracht. Man spannt es zu diesem Zweck in den Schraubstock, und zwar möglichst nur wenig überstehend, damit es beim Feilen nicht federt. Beim Einspannen empfindlicher oder weicher Teile verwendet man Blei- oder Aluminiumbacken, damit die Oberfläche des Werkstückes unverletzt bleibt. Die Feile wird mit der rechten Hand am Heft, mit der linken Hand am Anfang des Feilenblattes angefaßt. Damit keine Unebenheiten entstehen, führt man die

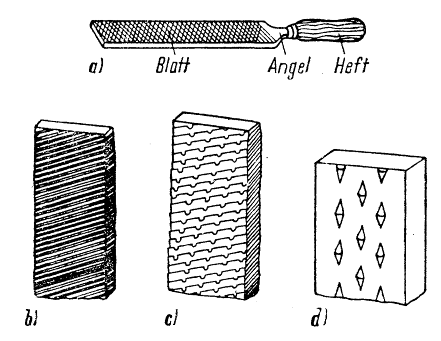


Bild 68. Bezeichnungen an einer Feile (a); verschiedene Feilenblätter, gehauene Feile (b), gefräste Feile (c) und Feile mit Raspelhieb (d)

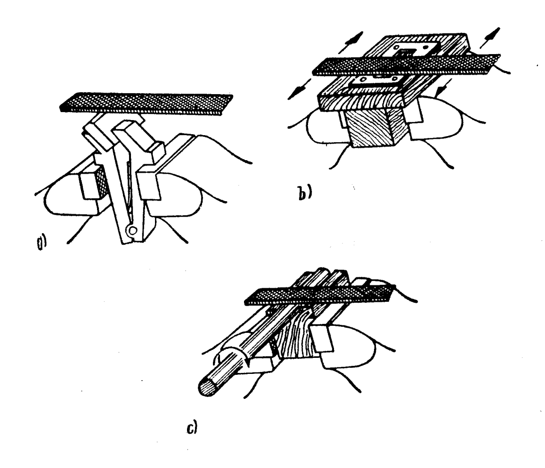


Bild 69. Arbeitsweise mit einer Feile; Anfeilen einer Fase mit Hilfe des Reifklobens (a), Oberflächenbearbeitung eines Bleches (b) und Feilen eines Rundstabes (c)

Feile schräg über das Werkstück und wechselt dabei öfter die Richtung. Für ebene Flächen verwendet man immer eine Flachfeile (Bild 68). Ist noch viel Werkstoff wegzunehmen, so wird erst eine grobe Feile angesetzt und dann mit einer Schlichtfeile die Fläche nachgearbeitet. Um den Flächen den letzten Schliff zu geben, reibt man die Schlichtfeile mit Tafelkreide ein, dann entstehen nur geringfügige Kratzer, oder man verwendet feines Schmirgelleinen. Zum Rundfeilen eines Werkstückes spannt man in den Schraubstock ein Holzprisma oder läßt den Schraubstock etwas offenstehen. Mit der rechten Hand wird die Feile am Heft geführt, mit der linken Hand fortlaufend das zu rundende Werkstück gegen die Feilrichtung gedreht. Gewölbte Flächen feilt man mit der Grobfeile erst in der Querrichtung und wechselt dann beim Schlichten die Feilrichtung um 90°, wobei die Schlichtfeile eine schaukelnde Bewegung ausführt. Bei hohlen Rundungen wird die Halbrund- oder die Rundfeile verwendet. Während des Stoßens der Feile dreht man diese gleichzeitig immer etwas seitlich.

Damit beim Feilen Späne abgenommen werden, ist ein mit beiden Händen ausgeübter Druck auf die Feile erforderlich. Schmiert die Feile, so muß sie mit einer Feilenbürste gereinigt werden. Flache Werkstücke nagelt man auf ein Stück Holz und kann nun bequem die Oberfläche befeilen. Soll eine Kante eine Fase erhalten, dann ist das Werkstück in einen Reifkloben (Bild 69) zu spannen, und zwar unter einem Winkel von 45°, so daß auch bei dieser Arbeit die Feile waagerecht geführt werden kann. Vor dem Feilen überzeugt man sich davon, daß das Heft fest an der Feile sitzt, damit man sich nicht an der spitzen Angel des Feilenblattes verletzt. Will man längere Blechkanten befeilen, so spannt man diese zwischen zwei Winkelschienen. Zum Einspannen eines Gewindebolzens verwendet man eine Holzkluppe oder zwei Holzstücke, damit das Gewinde nicht verletzt wird.

Für bestimmte Feilarbeiten werden verschiedene Querschnittsformen des Feilenblattes benötigt, für verschiedene Werkstoffe jeweils besondere Hiebarten. Dazu wurde bereits in Abschnitt 3.15 einiges gesagt. In den Zeichnungen wird für die Bearbeitung der

Oberfläche ein genormtes Bearbeitungszeichen angegeben. Das Bearbeitungszeichen besteht aus Dreiecken, die auf einer Spitze stehen (Bild 70).

Dabei bedeuten

ein Dreieck — rauhe Oberfläche mit fühlbaren und sichtbaren Feilstrichen;

zwei Dreiecke — feine Oberfläche mit nicht mehr fühlbaren, aber noch sichtbaren Feilstrichen;

drei Dreiecke — sehr feine Oberfläche mit nicht mehr fühlbaren und nicht mehr sichtbaren Feilstrichen.

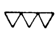


Bild 70. Bearbeitungszeichen für Oberflächen

Bohren

Zum Herstellen von runden Löchern oder Vertiefungen wird der in eine Bohrmaschine eingespannte Spiralbohrer verwendet. Die Bohrmaschine verleiht dem Spiralbohrer eine drehende Bewegung um seine Längsachse, und der Druck auf die Bohrmaschine bzw. den Bohrer preßt die Schneiden an den Werkstoff. Dadurch schälen sich bei der Drehbewegung Späne ab, die in den spiralförmig verlaufenden Nuten nach oben abgeführt werden. Als Bohrmaschine verwendet man die einfache Handbohrmaschine, die elektrische Handbohrmaschine oder die elektrische Tischbohrmaschine.

Vor dem Bohren wird der Mittelpunkt der Bohrung mit einem Körnerschlag angekörnt (Bild 71). Dadurch erhält der Bohrer seine Führung. Er soll genau senkrecht angesetzt werden, damit er nicht verläuft, was vor allem bei weichen Werkstoffen sehr leicht vorkommt. Bis zu einem Bohrerdurchmesser von etwa 5 mm bohrt man das Loch direkt mit dem entsprechenden Bohrer. Bei größeren Bohrungen wird mit einem Bohrer kleineren Durchmessers vorgebohrt. Bohrungen über 15 mm in dünne Bleche führt man mit einem Kreisschneider aus. Während bei der elektrischen Handbohrmaschine nur eine bestimmte Drehzahl vorhanden ist, lassen sich bei der einfachen

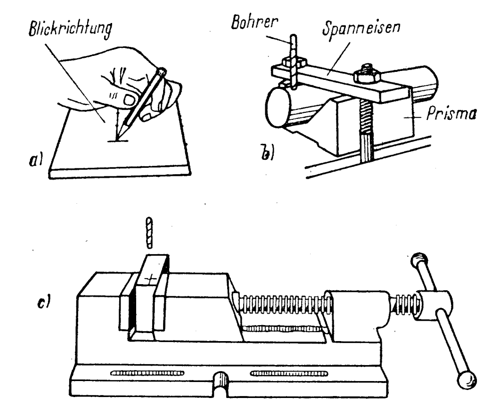


Bild 71. Richtiges Ansetzen eines Körners (a), Bohren eines Rundstabes mit Hilfe eines Prismas (b) und Bohren mit Hilfe eines Maschinenschraubstockes (c)

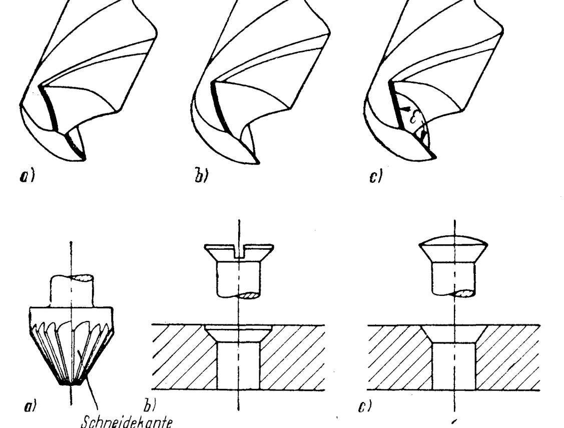


Bild 72. Falscher Bohreranschliff mit rückgewölbter Hauptschneide (a) oder vorgewölbter Hauptschneide (b); richtiger Bohreranschliff mit gerader Hauptschneide und richtigem Spitzenwinkel (c)

Bild 73. Zum Versenken benutzt man den Spitzsenker (a); richtige Senkung für Senkschraube (b) und für Senkniet (c)

Handbohrmaschine durch Umstecken der Handkurbel und des Haltegriffes eine niedrige sowie eine hohe Drehzahl einstellen. Die niedrige Drehzahl verwendet man für harte Werkstoffe und große Bohrerdurchmesser, die hohe Drehzahl bei weichen Werkstoffen und bei kleinen Bohrerdurchmessern.

Damit bei diesem Arbeitsgang der Tisch nicht angebohrt wird, legt man eine ebene Holzplatte unter. Das zu bohrende Werkstück muß entsprechend festgehalten werden, damit es nicht von dem sich drehenden Bohrer mitgenommen wird und einen Unfall verursacht. Kleine Werkstücke spannt man deshalb in einen Feilkloben oder einen Maschinenschraubstock. Größere Werkstücke kann man bei nicht zu großen Bohrerdurchmessern meist mit der Hand festhalten. Zum Bohren runder Achsen oder Wellen wird ein Bohrprisma untergelegt. Die beim Bohren entstehende Reibungswärme kann zum Ausglühen des Bohrers führen, der dadurch seine Härte und Schneidfähigkeit verliert. Bei tieferen Bohrungen muß man deshalb für ständige Kühlung des Bohrers sorgen. Gut geeignet ist dafür Seifenwasser. Durch die Reibungswärme verdampft das Wasser, und die übrigbleibende Seife sorgt für gute Schmierung. Durch das Bohren nutzt sich die Schneide des Bohrers ab. Der Bohrer muß dann nachgeschliffen werden. Man faßt ihn mit der linken Hand kurz hinter der Spitze und dreht ihn beim Schleifen mit der rechten Hand am Schaftende. Dabei ist zu beachten, daß beide Schneiden gleichmäßig geschliffen werden und die kleine Querschneide genau in der Schaftmitte des Bohrers liegt (Bild 72). Der Bohrer erwärmt sich beim Schleifen sehr schnell, man muß ihn deshalb öfter in Kühlwasser tauchen.

Senken und Reiben

Das beim Bohren unvermeidliche Entstehen eines Grates erfordert Nacharbeit. Man entfernt den Grat mit einem größeren Bohrer oder mit dem Spitzsenker (oft auch „Krauskopf" genannt).

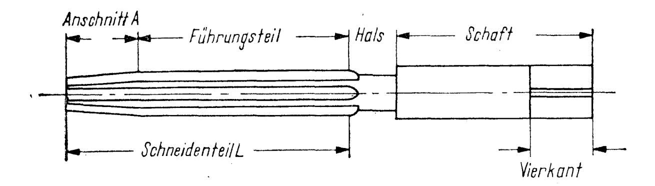


Bild 74. Bezeichnungen an der Reibahle

Kegelige Vertiefungen für Senkkopfschrauben oder Senkkopfnieten stellt man ebenfalls mit einem Spitzsenker her (Bild 73). Verwendung findet oft auch ein Spiralbohrer geforderten Durchmessers, dessen Spitzenwinkel entsprechend geschliffen wird. Vertiefungen für zylindrische Kopfschrauben bohrt man mit einem Zapfensenker auf. Der Zapfensenker hat einen Führungszapfen, der ein Verlaufen des Senkers verhindert. Bohrungen, die ein genaues Maß und glatte Innenwände besitzen sollen, stellt man mit einer Reibahle her (Bild 74). Die Bohrung wird mit Untermaß (etwa $^2/_{10}$ bis $^3/_{10}$ mm) gebohrt, anschließend die Reibahle eingesteckt und diese mit einem Windeisen gedreht. Die Reibahle besitzt mehrere Schneiden, die parallel zur Längsachse verlaufen. Sie nehmen nur wenig Werkstoff weg, so daß eine sehr glatte Innenwandung entsteht. Die Reibahle soll stets nur in der Reibrichtung in die Bohrung hineingedreht werden, in anderer Richtung brechen sehr leicht durch festgeklemmte Späne die Schneiden aus.

Gewindeschneiden

Lösbare Verbindungen werden durch Verschrauben hergestellt. Dazu benötigt man entsprechende Schrauben und Muttern. Schrauben tragen ein Außengewinde, Muttern ein Innengewinde. Derartige Gewinde werden mit speziellen Schneidwerkzeugen hergestellt, und zwar Außengewinde mit dem Schneideisen, Innengewinde mit dem Gewindebohrer. Während bei Außengewinden der Schaftdurchmesser gleich dem Gewindedurchmesser ist, muß das Kernloch für das Innengewinde kleiner sein als der Gewindedurchmesser. Als Regel kann gelten, daß das Kernloch um den Faktor 0,8 kleiner ist als der Gewindedurchmesser, daher

$$\text{Kernlochdurchmesser} = 0{,}8 \cdot \text{Gewindedurchmesser}.$$

Von den zahlreichen Gewindearten sind die wichtigsten das metrische Gewinde und das Whitworth-Gewinde. Das Whitworth-Gewinde ist vor allem in den angelsächsischen Ländern üblich, die Gewindemaße werden in Zoll angegeben. In Deutschland wird es vor allem bei Gasrohrgewinden benutzt. Bei uns ist fast ausschließlich das metrische Gewinde üblich. Der Flankenwinkel beträgt beim metrischen Gewinde 60°. Die wichtigsten metrischen Gewinde, wie sie in der Rundfunktechnik vorkommen, haben folgende Stufungen:

M 1,7; M 2; M 2,6; M 3; M 3,5; M 4; M 5; M 6 und M 8.

Neben den normalen metrischen Gewinden gibt es noch ein Feingewinde, das eine kleinere Steigung besitzt. Beim Feingewinde wird die Steigung besonders angegeben, z. B. M 10×1; also ein metrisches Feingewinde M 10 mit 1 mm Steigung.
Beim Schneiden von Außengewinden fast man den Bolzen etwas an, damit das Schneideisen gut anschneidet. Das Schneideisen wird in den zweischenkligen Schneideisen-

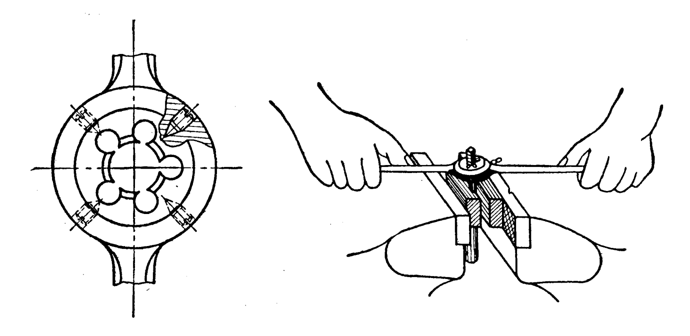


Bild 75. Einspannen des Schneideisens und richtige Handhabung des Schneideisenhalters

halter eingesetzt und mit den Spannschrauben festgespannt. Ein entsprechender Druck beim Anschneiden läßt das Schneideisen gut anschneiden. Nach dem Anschneiden wird es ohne Druck auf den Bolzen gedreht. Damit kurze Späne entstehen, dreht man das Schneideisen ab und zu zurück, dabei fallen die Späne durch die Nuten heraus (Bild 75). Beim Schneiden von Innengewinden ist darauf zu achten, daß das Bohrloch nur so groß wie der Kerndurchmesser des Gewindes sein darf. Da die Späneabfuhr schwieriger ist als beim Schneiden des Außengewindes und der Schaftdurchmesser des Gewindebohrers nicht beliebig stark gemacht werden kann, muß das Gewinde in drei Arbeitsgängen geschnitten werden (Bild 76). Es wird vorgeschnitten, nachgeschnitten und fertiggeschnitten. Die Gewindebohrer sind am Schaft entsprechend mit Zahlen oder Ringen gekennzeichnet. Auf das vierkantige Schaftende wird ein passendes Windeisen gesteckt, mit dessen Hilfe man den Gewindebohrer in das Kernloch hineindreht. Beim Anschneiden ist darauf zu achten, daß der Gewindebohrer senkrecht ansetzt. Das Schneiden des Gewindes erfordert Übung und Fingerspitzengefühl, denn bei jedem stärkeren Widerstand muß das Windeisen sofort zurückgedreht werden, damit sich die Späne lockern und durch die Spannuten abgleiten können. Nichts ist ärgerlicher als ein abgebrochener Gewindebohrer, dessen Ende im Werkstoff steckenbleibt und nur sehr schwer zu entfernen ist. Kann man das abgebrochene Ende nicht mehr mit einer Zange fassen, dann hilft nur ein Ausglühen des Gewindebohrers und anschließendes Ausbohren.

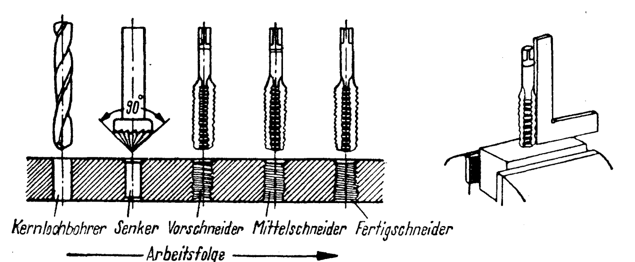


Bild 76. Arbeitsfolge beim Gewindebohren (links) und Kontrolle des richtigen Ansatzes mit dem Winkel (rechts)

Um den Ärger mit abgebrochenen Gewindebohrern zu vermeiden, hält man sich bei stärkeren Bohrungen nicht an die Multiplikation des Gewindedurchmessers mit dem Faktor 0,8. Man benutzt besser folgende Tabelle für den Kernlochdurchmesser. Dabei werden zwei verschiedene Bohrungsdurchmesser angegeben, je nachdem wie der Werkstoff gequetscht wird. Reihe I gilt für Werkstoffe wie Messing, Kupferlegierungen, Magnesiumlegierungen, Bronze und Grauguß, die nur sehr wenig gequetscht werden, Reihe II dagegen für Werkstoffe, die stärker gequetscht werden, also vor allem Stahl, Aluminium und Preßstoffe.

Gewinde in mm	M 1,7	M 2	M 2,6	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8
Kernloch I in mm	1,3	1,5	2,1	2,4	2,8	3,2	4,1	4,8	6,5
Kernloch II in mm	1,4	1,6	2,2	2,5	2,9	3,3	4,2	5,0	6,7

Da beim Schneiden des Gewindes das Schneidwerkzeug stark beansprucht wird, ist auf jeden Fall beim Schneiden etwas Öl zum Schmieren zu verwenden.

3.35 Verbindungstechnik

Das Zusammenfügen mehrerer Werkstücke miteinander nennt man Verbinden. Dabei unterscheidet man zwischen lösbaren und nichtlösbaren Verbindungen. Zu den lösbaren Verbindungen zählt das Verschrauben, Verstiften und Verkeilen. Bei den nichtlösbaren Verbindungen ist ein Trennen der einzelnen Werkstücke nur durch Zerstörung des Verbindungselementes möglich, wobei mitunter auch die Werkstücke beschädigt werden. Zu den nichtlösbaren Verbindungen, die den Radiobastler interessieren, gehört vor allem das Nieten und das Löten.

Verschrauben

Als Verbindungsteile werden Schrauben bzw. Gewindebolzen und Muttern verwendet. Beide besitzen das gleiche Gewinde und müssen gut zusammenpassen. Die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der Schrauben führte zu verschiedenen Ausführungsformen (Bild 77). Trotz der Normung und einer starken Typenbereinigung Anfang der zwan-

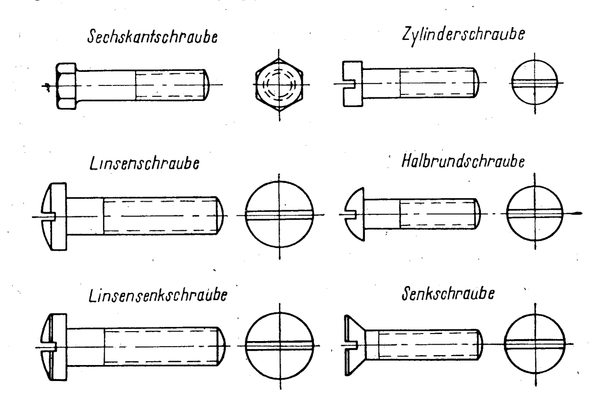


Bild 77. Verschiedene Schraubenarten

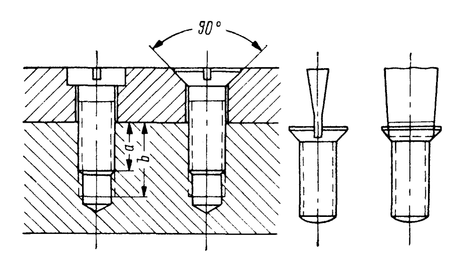
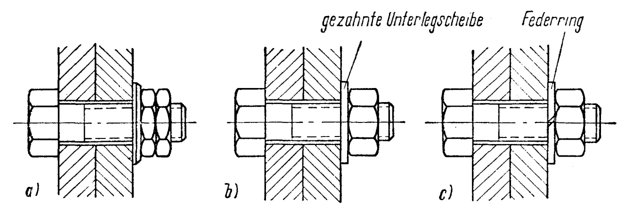


Bild 78 (links). Ausführung versenkter Schraubverbindungen (links); so muß der Schraubenzieher passen, damit der Schraubenkopf nicht verletzt wird (rechts)

Bild 79 (unten). Schraubensicherung durch Gegenmutter (a), gezahnte Unterlegscheibe (b) und Federring (c)

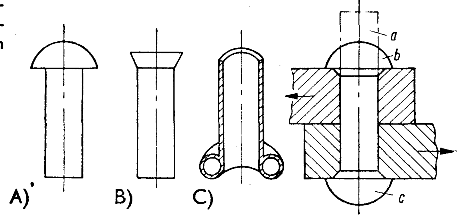


ziger Jahre sind heute noch über 1800 verschiedene Sorten von Schrauben und Muttern in Gebrauch. Die genormten Abmessungen wurden in entsprechenden Normblättern festgelegt. Den Radiobastler interessieren aber nur Schrauben mit metrischem Gewinde, und zwar in den Ausführungsformen

Zylinderkopfschraube	Halbrundschraube
Senkkopfschraube	Gewindestift
Linsenschraube	Sechskantschraube
Linsensenkschraube	sowie Mutter in Sechskant- und Vierkantform

Gewindestifte werden oft auch als Madenschrauben bezeichnet. Wird eine Schraubenverbindung mit Schraube und Mutter hergestellt, dann muß das Durchgangsloch — um eine Beschädigung des Gewindes zu vermeiden — etwas größer gebohrt werden als der Schraubendurchmesser. Ist in das Gegenstück ein passendes Gewinde eingeschnitten, so entfällt die Mutter. Als Werkzeuge zum Herstellen der Schraubenverbindung benötigt man Schraubenzieher, Schraubenschlüssel bzw. Steckschlüssel. Während für Sechskantschrauben und Sechskantmuttern ein passender Schraubenschlüssel bzw. ein Steckschlüssel erforderlich ist, werden geschlitzte Schrauben mit dem Schraubenzieher angezogen. Der Schraubenzieher besitzt eine meißelähnliche Schneide, die am Ende parallel ausläuft. Dadurch kann er gut im Schraubenschlitz angreifen. Es sollte stets ein passender Schraubenzieher benutzt werden, da sonst der Schraubenkopf beschädigt wird (Bild 78). Mit dem Schraubenzieher kann man sich leicht verletzen, bei seiner Handhabung ist daher Vorsicht geboten.
In Fällen, wo sich die Schraubenverbindung infolge Beanspruchung lockert, empfiehlt sich eine entsprechende Sicherung (Bild 79). Oft wird zu diesem Zweck eine zweite Mutter gegen die erste geschraubt. Weitere Sicherungsmaßnahmen gegen ein Lockern der Schraubenverbindung sind gezahnte Unterlegscheiben oder Federringe. Bei Senk-

Bild 80. Verschiedene Nietformen; Halbrundniet (A), Senkniet (B) und Rohrniet (C); die Nietverbindung besteht aus dem Nietschaft (a), dem Schließkopf (b) und dem Setzkopf (c)



schrauben kann eine Sicherung durch einen Körnerschlag an den Schlitzenden erfolgen. Dabei quetscht die Körnerspitze den Werkstoff leicht in den Schraubenschlitz. Will man die Senkschraube lösen, so muß vorher mit einem Schraubenzieher der Werkstoff wieder aus dem Schraubenschlitz geschlagen werden.

Vernieten

Wie bereits eingangs gesagt, zählt das Vernieten zu den nichtlösbaren Verbindungen. Je nach dem Verwendungszweck unterscheidet man zwischen einer festen und einer losen Vernietung. Bei der festen Vernietung sind die einzelnen Werkstücke fest und unverrückbar miteinander verbunden. Die lose Vernietung erlaubt dagegen noch eine geringe Bewegung der Teile gegeneinander. Für Vernietungen in der Radiopraxis verwendet man in den meisten Fällen Halbrundnieten und Senkkopfnieten aus Aluminium und Rohrnieten aus Messing (Bild 80). Der Vollniet besteht aus dem Setzkopf und dem Nietschaft, er wird in verschiedenen Durchmessern und Längen hergestellt. Neben der Ausführung in Aluminium gibt es derartige Nieten auch aus Eisen (St 34.13) und aus Kupfer. Als Grundsatz sollte man sich merken, daß der Niet aus dem gleichen Material bestehen soll wie die zu vernietenden Werkstücke. Zum Beispiel wäre es keineswegs sinnvoll, Aluminiumbleche mit Kupfernieten zu vernieten oder umgekehrt. Infolge der elektrolytischen Zersetzungserscheinungen würde eine Korrosion (Zerfressung) auftreten, die die Nietverbindung nach einer gewissen Zeit unbrauchbar macht.

Da der Niet beim Schlagen gestaucht wird, muß der Durchmesser der Bohrung etwas größer sein als der Durchmesser des Nietschaftes. Die folgende Tabelle gibt für die wichtigsten Nietschaftdurchmesser die Durchmesser der Bohrung an:

Nietschaft-Durchmesser	1,0	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	3,0	3,5	4,0	5,0
Durchmesser der Bohrung	1,1	1,5	1,8	2,2	2,5	2,8	3,2	3,7	4,3	5,3

Damit beim Nieten die Bohrungen genau aufeinanderpassen, ist es empfehlenswert, die zu vernietenden Teile gleichzeitig in einem Arbeitsgang zu bohren, die Werkstücke werden also mit Hilfe von ein oder zwei Feilkloben zusammengespannt. Während man für Halbrundnieten nur glatte, entgratete Bohrungen benötigt, ist bei Senkkopfnieten die Bohrung zu versenken. Der Senkwinkel, dem der Spitzenwinkel des verwendeten Spiralbohrers oder des Spitzsenkers entsprechen muß, beträgt 75°. Zum Vernieten selbst verwendet man spezielle Nietwerkzeuge (Bild 81). Mit dem Nietzieher werden nach dem Einziehen der Niete die Werkstücke zusammengepreßt. Die Bohrung des

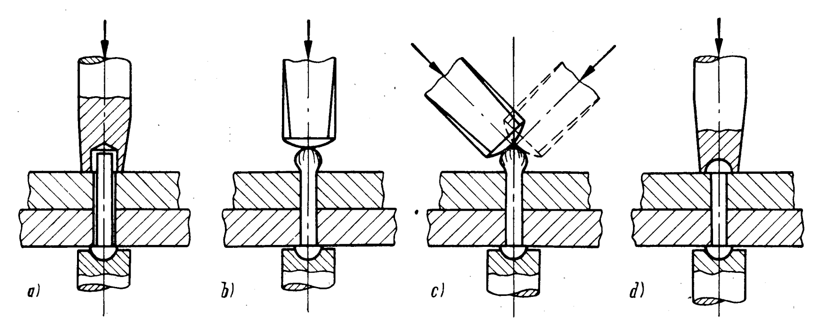


Bild 81. Arbeitsfolge beim Nieten; Anpressen (a), Anstauchen (b), Kopf formen (c) und Schließkopf setzen (d)

Nietziehers muß dabei etwas größer sein als der Durchmesser des Nietschaftes. Der Setzkopf erhält dann eine entsprechende Unterlage. Für den Senkniet genügt eine ebene, glatte Unterlage, für den Halbrundniet wird ein entsprechend profilierter Gegenhalter verwendet. Die Nietschaftlänge muß etwas länger sein als die Dicke der zu vernietenden Werkstücke, damit genügend Material für den Schließkopf zur Verfügung steht. Als Erfahrungswert kann man die überstehende Länge z des Nietschaftes aus folgenden Beziehungen ermitteln:

$$\text{Halbrundniet } z = 1{,}5 \cdot d; \quad \text{Senkniet } z = 0{,}9 \cdot d;$$

d bezeichnet den Durchmesser des Nietschaftes. Mit kräftigen Hammerschlägen wird der Nietkopf gestaucht, so daß er beim Senkkopf die gebohrte Senkung ausfüllt. Beim Halbrundkopf setzt man nach dem Anstauchen den Nietkopfsetzer an und formt mit kräftigen Schlägen den Schließkopf.

Die Rohrnieten oder Hohlnieten, die aus Rohr gefertigt oder gezogen sein können, nimmt man für weniger beanspruchte Vernietungen. Eine Vernietung der Rohrnieten erfolgt durch Spreizen des Schaftendes. Meist verwendet man dazu den Körner. Das aufgespreizte Schaftende wird dann mit dem Hammer breit geschlagen. Man kann sich aber auch ein spezielles Nieteisen für Rohrnieten anfertigen, wenn man eine Drehbank zur Verfügung hat. Am Schaftende eines Bolzens befindet sich ein kurzer Zapfen, der am Nieteisen in einem ringförmigen Hohlraum ausläuft. Man erhält mit diesem Nieteisen gleichmäßige, sauber aussehende Schließköpfe.

Löten

Das Löten zählt für den Radiobastler zu den wichtigsten handwerklichen Fertigkeiten, die er beherrschen muß. Für die Praxis des Radiobastlers interessiert nur das Weichlöten, bei dem als Bindemittel zwischen den Metallen ein bei niedriger Temperatur fließendes Weichlot verwendet wird. Man benötigt also zum Löten ein Weichlot und eine Wärmequelle. Als Wärmequelle wird vorwiegend ein elektrisch beheizter Lötkolben verwendet. Damit die durch die Heizpatrone erzeugte Wärme ohne große Temperaturminderung zur Lötstelle gelangt, besteht die Lötkolbenspitze aus Kupfer. Die Kupferspitze ist meist abgewinkelt oder gerade und vorn meißelähnlich geformt (Bild 82). Da bei zu heißen Lötkolben durch Oxydation die Lötkolbenspitze leicht ver-

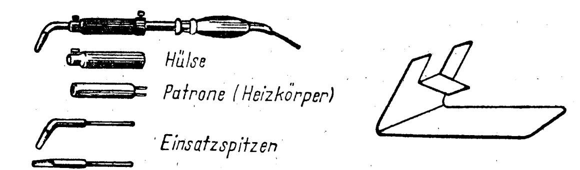


Bild 82. Der elektrische Lötkolben und seine Einzelteile (links), ein einfacher Lötkolbenhalter (rechts)

zundert, ist es empfehlenswert, in den Lötpausen die Heizpatrone über einen Vorwiderstand oder einen Blockkondensator zu betreiben, dadurch sinkt in den Lötpausen die Heiztemperatur. Der Kondensator hat den Vorteil, daß an ihm keine elektrische Energie in Wärme umgewandelt wird; man kann ihn jedoch nur bei Wechselstrom benutzen.

Berechnung des Widerstandes:

Bei einem Lötkolben von 60 W soll die aufgenommene Leistung auf 40 W herabgesetzt werden. Die Stromaufnahme beträgt bei 60 W

$$I_1 = \frac{N}{U} = \frac{60}{220} \approx 0{,}273 \text{ A.}$$

Der Widerstand des Lötkolbens ist dabei

$$R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{220}{0{,}273} \approx 805\,\Omega.$$

Bei einem Leistungsverbrauch von 40 W ist die Stromaufnahme nur noch

$$I_2 = \frac{N}{U} = \frac{40}{220} \approx 0{,}182 \text{ A.}$$

Der im Stromkreis vorhandene Widerstand muß dabei folgende Größe besitzen

$$R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{220}{0{,}182} \approx 1210\,\Omega.$$

Der zugeschaltete Widerstand R zum Lötkolben ergibt sich aus der Differenz von R_1 und R_2 zu

$$R = R_2 - R_1 = 1210 - 805 = 405\,\Omega.$$

Dieser Widerstand muß für folgende Leistungsaufnahme dimensioniert werden

$$N = I_2^2 \cdot R = 0{,}182^2 \cdot 405 \approx 13{,}4\,\text{W}.$$

Berechnung des Kondensators:

Für die bereits bekannten Werte ergibt sich der Blindwiderstand des Kondensators aus der geometrischen Beziehung

$$R_c = \sqrt{R_2^2 - R_1^2} = \sqrt{1210^2 - 805^2} = 846\,\Omega.$$

Die Kapazität in μF erhält man für einen Wechselstrom mit der Frequenz 50 Hz zu

$$C = \frac{3180}{R_c} = \frac{3180}{846} \approx 3{,}75\,\mu\text{F}.$$

Eine derartige Umschalteinrichtung ist leicht selbst herzustellen (Bild 83). Zum Umschalten reicht bei entsprechender Anordnung der Auflagedruck des Lötkolbens aus, der auf den Lötkolbenhalter aufgelegt wird. Für die Ausführung der Lötarbeiten genügt ein elektrischer Lötkolben mit einer Leistung von 40 bis 100 W. Nur wenn man größere Lötarbeiten vornimmt, wie das Löten von Kupferblechen oder an verzinnten oder verkupferten Eisenblechen, braucht man einen Lötkolben mit noch größerer Leistung. Die Heizpatronen der elektrischen Lötkolben können ausgewechselt werden, und es ist vorteilhaft, wenn man stets eine Ersatz-Heizpatrone zur Verfügung hat. Für den Portable-Einsatz eignen sich Lötkolben, die man am offenen Feuer erwärmen kann (Hammerlötkolben), oder mit flüssigen Brennstoffen beheizte Lötkolben.

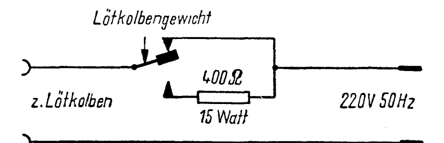


Bild 83. Umschalteinrichtung zur Herabsetzung der Heiztemperatur in den Lötpausen

Einer der wichtigsten Punkte, der beim Löten beachtet werden muß: Lötstelle sowie Lötkolbenspitze müssen sauber sein. Die Lötkolbenspitze ist daher ab und zu einmal in Kolophonium zu stecken oder in eine Kolophonium-Spirituslösung zu tauchen. Die Lötstelle wird vorher mit einer Schlichtfeile, einem Messer oder mit Schmirgelleinen blankgemacht, mit dem Flußmittel benetzt und anschließend verzinnt. Sehr gut eignet sich zum Blankmachen der Lötstelle ein Glaspinsel-Radierer, wie ihn technische Zeichner beim Radieren auf Transparentpapier verwenden. Das Verzinnen der Bauteile vor dem Einbau ist besonders wichtig, da man sich viel Ärger und Arbeit ersparen kann. Gut verzinnte Einzelteile, wie Röhrensockel, Widerstands- und Kondensatoranschlüsse, erleichtern die Arbeit wesentlich. Da bei der Erwärmung der Lötstelle eine Oxydation auftritt, ist die Verwendung eines sogenannten Flußmittels unumgänglich, sonst bleibt das Lötzinn nicht haften, und kalte Lötstellen sind die Folgeerscheinung. Als Flußmittel soll man grundsätzlich nur eine Kolophonium-Spiritus-Lösung benutzen. Jedes andere Flußmittel, wie Lötwasser oder Lötfett, ist auf keinen Fall zu verwenden. Diese Flußmittel sind säurehaltig und bilden Rost und Grünspan, die das Metall zerfressen. Das Flußmittel verhindert die Oxydation an der Lötstelle und läßt das Lötzinn gut fließen. Meist enthält das in Drahtform hergestellte Lötzinn einen Hohlraum, der mit Kolophonium gefüllt ist. Aber oft reicht dieses im Lötzinn enthaltene Kolophonium nicht für die ganze Lötstelle aus, so daß man diese besser vorher noch mit etwas Flußmittel benetzt.

Die Lötkolbenspitze wird von Zeit zu Zeit mit einer Drahtbürste gereinigt. Ist die Kupferspitze stark verzundert, so muß die Oxydschicht mit einer Feile abgefeilt und die saubere Kupferspitze neu verzinnt werden. Richtiges Löten ist Übungssache. Da aber vom richtigen Löten die einwandfreie Funktion des gebauten Gerätes abhängt, sollte man stets mit Sorgfalt und Umsicht vorgehen. Man erwärmt die gut gesäuberte, mit Flußmittel benetzte Lötstelle nur so lange, bis das Lötzinn einwandfrei fließt. Dann entfernt man den Lötkolben und läßt die Lötstelle erkalten. Während dem Erkalten

sollte die Lötstelle möglichst nicht bewegt werden. Kalte Lötstellen entstehen, wenn das Lötzinn nicht am Metall haftet. Sie sind nicht immer leicht erkennbar und haben schon manchen Radiobastler zur Verzweiflung gebracht. Zur Vorsicht soll man deshalb zweifelhaft aussehende Lötstellen nochmals unter Verwendung des Flußmittels nachlöten. Nach dem Löten reinigt man die Lötstelle mit Spiritus von den Rückständen des Flußmittels. Auf die Ausführung verschiedener Lötarbeiten wird im nächsten Kapitel näher eingegangen.

3.36 Veredeln

Oft besteht der Wunsch, dem selbstgebauten Gerät ein gefälliges Aussehen zu geben. Das betrifft vor allem die Frontplatte des Gerätes. Zu den einfachsten Verfahren zählt das Polieren der Oberfläche. Bei Aluminiumblech verwendet man feines Schmirgelleinen oder streut feines Schmirgelpulver auf die Platte und schleift mit einem in die Bohrmaschine gespannten Korken. Dadurch wird eine matte, silbergraue Oberfläche erzielt, bei der aber das Berühren mit den Fingern häßliche Flecke hinterläßt. Man entfettet daher die geschmirgelte Aluminiumplatte durch ein 15 Minuten langes Bad in einer wäßrigen Ätznatronlösung. Diese Ätznatronlösung besteht aus 1 l Wasser, in dem etwa 5 g Ätznatron gelöst sind. Nach dieser Ätzung wird die Aluminiumplatte gründlich in fließendem Wasser abgespült. Die Oberfläche darf dabei nicht mehr mit den Fingern berührt werden. Zum Schutz der Oberfläche wird diese nach dem Trocknen mit farblosem, dünnem Lack gestrichen.

Eine weitere Möglichkeit besteht im Lackieren der Frontplatte mit Lackfarbe. Ein gleichmäßig schönes Aussehen erhält man aber nur durch Auftragen mit einer Spritzpistole. Es ist deshalb zu empfehlen, derartige Arbeiten in einer Autolackieranstalt vornehmen zu lassen. Besonders widerstandsfähig sind dabei Einbrenn-Lacke, die nach dem Spritzen in einem Heißluftofen eingebrannt werden. Sehr gut sehen eingebrannte Hammerschlag-Lackierungen aus, bei denen die Oberfläche wirkt, als wäre sie gehämmert. Damit der Lack gut auf der Oberfläche des Aluminiumbleches hält, ist eine Beizung durch Kochen in einer mit Kochsalz gesättigten Ätznatronlösung vorzunehmen. Auch andere Teile wie Chassisbleche, Abschirmungen usw. erhalten dadurch ein sauberes Aussehen. Diese Lösung stellt man her, indem man in 1 l Wasser ungefähr 100 g Ätznatron löst und anschließend soviel Kochsalz zugibt, wie sich in der Ätznatronlösung noch auflöst. Dann wird die fertige Lösung erhitzt und das Aluminiumblech etwa 30 s eingetaucht. Zum Schluß erfolgt eine gründliche Spülung in fließendem Wasser. Wegen der auftretenden Dämpfe ist äußerste Vorsicht geboten.

Es gibt noch weitere Verfahren, die aber im Hausgebrauch nicht anwendbar sind. Dazu zählen das Eloxieren von Aluminium oder galvanische Überzüge durch Verkupfern, Vernickeln, Versilbern usw. Derartige Arbeiten muß man in entsprechenden Spezialbetrieben ausführen lassen.

Für die Bearbeitung von Holzoberflächen gibt es in den Drogerien Holzbeize zu kaufen, von denen dunkelbraune Beize besonders zu empfehlen ist. Meist wird das erhältliche Pulver in Spiritus gelöst. Nach dem Beizen reibt man die Oberfläche mit einer Politur ein, damit sie ein gefälliges Aussehen erhält.

4. KONSTRUKTIONSTECHNIK FÜR DEN RADIOBASTLER

4.1 Wie bauen wir funktechnische Geräte auf

Wer sich ein Empfangsgerät, ein Meßgerät oder einen Verstärker bauen möchte, muß als ersten Arbeitsgang die notwendige Schaltung entwerfen oder besorgen. Die Schaltung gibt an, welche funktechnischen Bauelemente für den Aufbau des Gerätes notwendig sind. Die erforderlichen Bauteile beschafft man sich beim Fachhändler, in den Fachgeschäften der HO, des Konsums oder bei der zuständigen Materialversorgungsstelle des Bezirksvorstandes der GST. Sind alle Einzelteile vorhanden, dann beginnt die eigentliche Konstruktionstätigkeit.

4.11 Anordnung der Einzelteile auf dem Chassis

Um Pannen, wie etwa verbohrte Löcher oder gar ein nicht mehr brauchbares Chassis, zu verhindern, empfiehlt es sich, an die konstruktiven Aufgaben äußerst gewissenhaft heranzugehen. Zwar ist noch kein Meister vom Himmel gefallen, und auch der angehende Radiobastler muß Lehrgeld zahlen; aber mit genügend Überlegung bei der Arbeit kann man größere Fehler vermeiden.

Bei der Anordnung der einzelnen Bauelemente auf dem Chassis kommt es darauf an, diese in der richtigen Reihenfolge aufzubauen. Das heißt, die zu einer Stufe gehörenden Bauelemente werden zusammenhängend angeordnet und die in der Schaltung aufeinanderfolgenden Stufen auch auf dem Chassis dieser Folge entsprechend aufgebaut. Weiter sind die einzelnen Bauelemente so anzuordnen, daß eine gegenseitige Beeinflussung möglichst vermieden wird. Das bedingt in dem einen oder anderen Fall eine Abschirmung für einzelne Bauelemente.

Bild 84 zeigt den Aufbauplan für einen Einkreis-Empfänger. Alle größeren Bauteile (Röhren, Drehkondensatoren, Elektrolytkondensatoren und Ausgangsübertrager) finden auf dem Chassis Platz, während kleinere Bauelemente (Widerstände, Kondensatoren, Spulensatz, Trockengleichrichter und Rückkopplungs-Drehkondensator) unter dem Chassis angeordnet werden. Ebenso befinden sich unter dem Chassis die Potentiometer für Lautstärke und Klangregelung, während der Netztransformator bei dieser Anordnungsart beim Einbau des Chassis in das Holzgehäuse neben das Chassis gestellt wird.

Aus der Anordnung des Aufbauplanes erkennt man den zweckmäßigen Aufbau der einzelnen Bauelemente auf dem Chassis. So folgt auf die Audionröhre EF 80 die NF-Vorröhre EC 92 und auf diese die Endröhre EL 84. Unmittelbar zur Audionstufe gehören der Abstimm-Drehkondensator, der Spulensatz (unter dem Drehkondensator angeordnet), der Rückkopplungs-Drehkondensator (ebenfalls unter dem Chassis angeordnet), und an der Rückseite die Antennen- und die Erdbuchse. Damit stehen alle zur Audionstufe gehörenden Bauelemente zusammen, und die Verdrahtung benötigt keine langen Zuleitungen. Genauso verhält es sich bei den anderen Röhrenstufen.

Lange Zuleitungen zu den im Verstärkungsweg liegenden Bauelementen bergen vielerlei Störquellen in sich. So führen sie oft zu Schwingneigung (Selbsterregung),

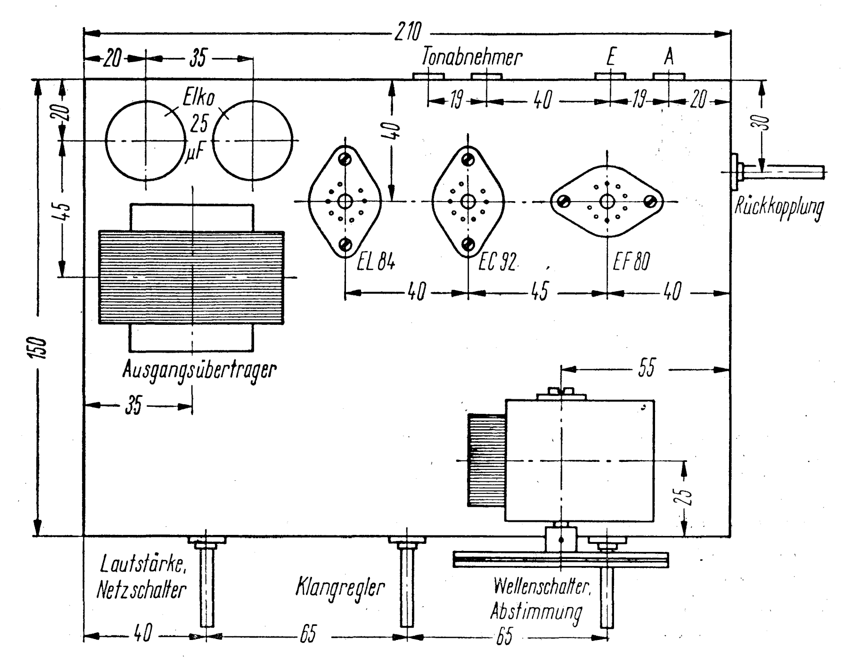


Bild 84. Aufbauplan eines einfachen Einkreis-Empfängers

die sich durch Pfeifen und ähnliche Geräusche bemerkbar macht; auch können Brummeinstreuungen jegliche saubere Verstärkung illusorisch machen. Bei der Festlegung der Konstruktion muß also schon die Verdrahtung berücksichtigt werden.

Das Vermeiden der Schwingneigung ist vor allem wichtig bei Geräten, die mehrere, auf der gleichen Frequenz arbeitende HF-Schwingungskreise besitzen, so z. B. bei Mehrkreis-Empfängern, bei mehrkreisigen HF-Eingangsschaltungen von Superhet-Empfängern und bei ZF-Verstärkern. Liegt bei einer Elektronenröhre am Steuergitter und an der Anode je ein Schwingungskreis mit gleicher Resonanzfrequenz, so erfolgt bei genügender Größe der Gitter-Anoden-Kapazität der Elektronenröhre eine Selbsterregung (Prinzip des Huth-Kühn-Senders). Es müssen also Gitterkreis und Anodenkreis gut gegeneinander abgeschirmt werden. Die jeweiligen Spulen dürfen nicht aufeinander koppeln, weil dadurch die Selbsterregung noch gefördert wird.

Im Niederfrequenzverstärker sind vor allem die Zuleitungen zu den Steuergittern der Verstärkerröhren gegen Brummen empfindlich. Hier helfen nur abgeschirmte Leitungen, wenn man längere Leitungen, z. B. zum Lautstärkeregler, verlegen muß. Ein Ende des Abschirm-Kupfergeflechtes wird dabei an Masse gelegt.

Schwingkreis-Bauelemente, also Spulensatz und Abstimm-Drehkondensator, sind eng übereinander oder nebeneinander aufzubauen, damit die Verdrahtung ebenfalls so kurz wie möglich ausgeführt werden kann. Offene Spulen soll man dabei nicht zu

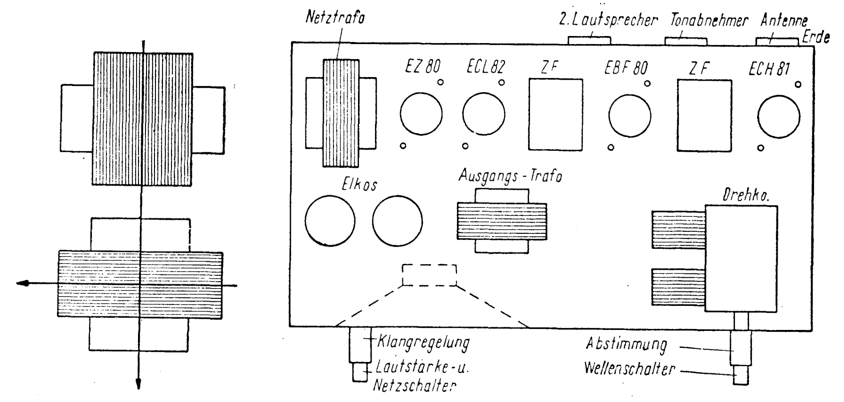


Bild 85 (links). Richtige Anordnung von Transformatoren und Drosseln, um die gegenseitige magnetische Beeinflussung zu mindern
Bild 86 (rechts). Aufbaubeispiel für einen 6-Kreis-Superhet

nahe an Metallteile setzen, da sonst die Güte der Spule verschlechtert wird. Transformatoren bzw. Eisen-Drosseln sind so nebeneinander aufzubauen, daß ihre magnetischen Achsen senkrecht aufeinanderstoßen (Bild 85), sonst erfolgt eine gegenseitige Beeinflussung durch das Magnetfeld der einzelnen Eisenkerne. So kann bei falschem Aufbau die Siebwirkung einer Eisendrossel durch den Netztransformator verschlechtert werden. Auch sollen die Eisenkerne möglichst eine Isolierstoff-Unterlage (Pertinax) erhalten, damit keine Brummeinstreuungen an das Chassis erfolgen.

Bild 86 zeigt den zweckmäßigen Aufbau eines 6-Kreis-AM-Superhet-Empfängers. Auf die Mischoszillatorröhre ECH 81 folgt das erste ZF-Bandfilter. Anschließend ist die ZF-Verstärkerröhre EBF 80 angeordnet, danach das zweite ZF-Bandfilter. Die Demodulation erfolgt ebenfalls in der Röhre EBF 80. An das zweite ZF-Bandfilter schließt sich der zweistufige Niederfrequenzverstärker mit der Röhre ECL 82 an. Ausgangstransformator und Lautsprecher sind vor der NF-Röhre angeordnet. Im linken Teil des Chassis befindet sich der Netzteil. Verwendet man für den zweistufigen NF-Teil zwei getrennte Röhren, etwa EC 92 und EL 84, so kann das zweite ZF-Bandfilter vor der Röhre EBF 80 angeordnet werden und die NF-Vorverstärkerröhre EC 92 an der bisherigen Stelle des zweiten ZF-Bandfilters.

Einen besonders sorgfältigen Aufbau muß man bei UKW-Empfängern vornehmen, um Schwingneigungen zu vermeiden. Bei den verwendeten hohen Frequenzen bilden bereits kurze Drahtstücke wesentliche Induktivitäten und Kapazitäten. Man sollte deshalb so eng wie möglich aufbauen, damit zur Verdrahtung kaum Schaltdraht benötigt wird.

Der Aufbau eines 0-V-1 (Audion plus NF-Stufe) ist schon recht schwierig, wenn man einigermaßen vernünftige Empfangsergebnisse erzielen will. Mancher Newcomer (Neuling) hat schon die Flinte ins Korn geworfen, weil die Rückkopplung nicht den Anforderungen entsprach.

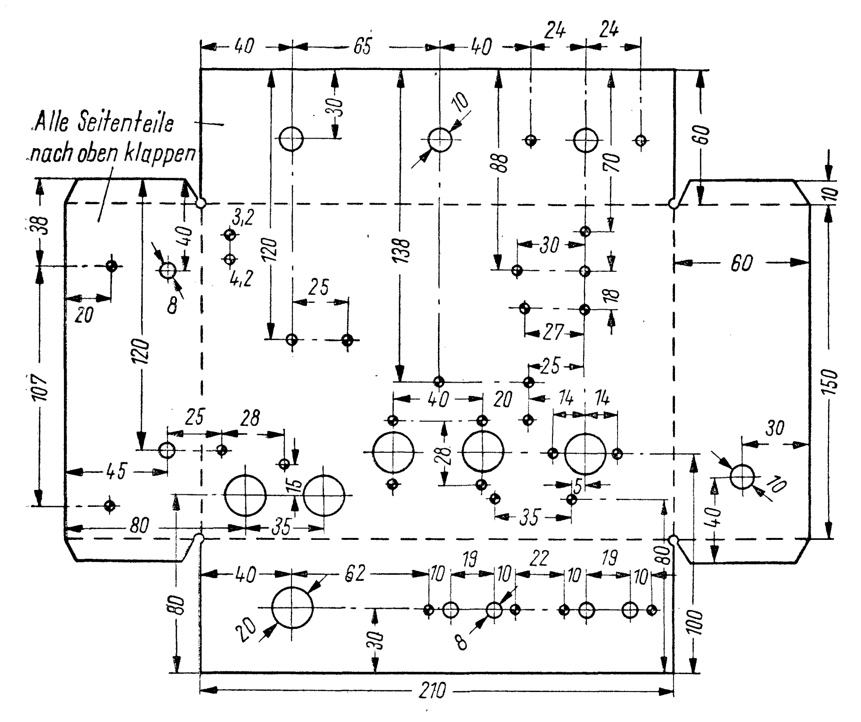


Bild 87. Bohrplan für das Chassis des in Bild 84 gezeigten Einkreis-Empfängers

Sorgfältig überlegter Aufbau ist also eine Grundvoraussetzung für das spätere einwandfreie Funktionieren eines selbstgebauten Gerätes. Man sollte sich daher nicht scheuen, die Hilfe erfahrener Kameraden in Anspruch zu nehmen, die in allen Klubstationen der GST jederzeit zu finden sind. Ist der Aufbau klar, so zeichnet man am besten das Chassis im Maßstab 1:1 auf einen Bogen Papier, legt die Anordnung der einzelnen Bauelemente fest und bestimmt die wichtigsten Maße der auszuführenden Bohrungen. So entsteht ein Bohrplan, mit dessen Hilfe die Maße auf das Chassis übertragen werden (Bild 87). Erst dann wird mit den Bohrungen begonnen.

4.12 Anordnung der Einzelteile auf der Frontplatte

Viele Geräte werden so ausgeführt, daß man hinter einer senkrecht stehenden Frontplatte ein waagerecht liegendes Chassis anbringt. Das trifft vor allem zu für KW-Geräte, Meßgeräte, Netzgeräte und Verstärker. Bei dieser Bauart werden die wichtigsten Bauelemente, die entweder zur Anzeige erforderlich oder laufend zu bedienen sind, auf der Frontplatte angeordnet. Die Bauelemente sollte man jedoch nicht regellos einsetzen, damit auch die Frontplatte ein ansprechendes Aussehen erhält.

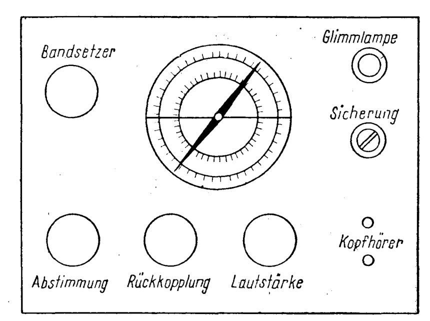
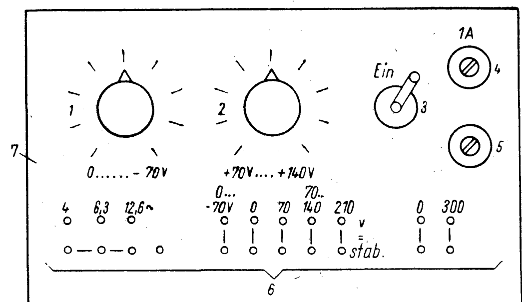


Bild 88 (links). Aufbaubeispiel der Frontplatte eines 0-V-1 für den KW-Empfang
Bild 89 (unten links). Aufbaubeispiel der Frontplatte eines Netzgerätes
Bild 90 (unten rechts). Anordnung der Frontplatte (1) vor dem Chassis (2) mit Hilfe von Abstandsstücken (3). Die Befestigung von Schaltern und Potentiometern erfolgt am Chassis, so daß lediglich die Achsen durch die Frontplatte führen



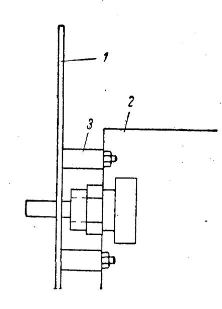


Bild 88 zeigt die Frontplatte eines KW-Einkreisempfängers (0-V-1). In der Mitte befindet sich die Skala des KW-Empfängers, rechts daneben die Glimmlampe, die die Betriebsbereitschaft des Gerätes anzeigt, sowie die Sicherung des Netzteiles. Der Netzteil ist auf dem Chassis dahinter angeordnet. Die oft gebrauchten Drehknöpfe sind unten angebracht und tragen so erheblich zur Bequemlichkeit bei. Der Amateur lernt diese tiefliegende Anordnung besonders dann schätzen, wenn er in einem Wettkampf stundenlang am Empfänger sitzt und den bedienenden Arm dabei auf der Tischplatte auflegen kann. Aus diesem Grund ist der Drehknopf der Bandabstimmung ebenfalls im linken Teil des Gerätes eingesetzt, da die rechte Hand meist zum Mitschreiben benutzt wird und die linke Hand indessen bequem den Empfänger nachstimmen kann. Weiterhin sind unten der Drehknopf für die Lautstärkeregelung, die Rückkopplungsregelung und der Kopfhöreranschluß. Links oben befindet sich der Drehknopf für den Bandsetzer-Drehkondensator, der in jedem Empfangsband nur einmal eingestellt wird. Bei der Anordnung der Einzelteile auf der Frontplatte sollte auf die Wahrung einer gewissen Symmetrie geachtet werden (Bild 89).
Es ist ratsam, sich auch von der Frontplatte vor der Ausführung der Bohrarbeiten eine maßgerechte Skizze anzufertigen, was das Arbeiten wesentlich erleichtert. Vor allem darf man das dahinter liegende Chassis nicht außer acht lassen, sonst kann es vorkommen, daß das Potentiometer oder andere Bauteile an das Chassis anstoßen und durch Aussägen und Feilarbeiten erst Platz dafür geschaffen werden müßte.

Sollten die Befestigungsmuttern, z. B. die eines Potentiometers, auf der Frontplatte stören, so kann man hinter der eigentlichen Frontplatte in einem bestimmten Abstand eine zweite Platte anordnen, auf der die einzelnen Bauelemente befestigt werden (Bild 90). Die Frontplatte enthält dann nur die Durchführungslöcher für die Achsen. Glatt anliegende Bauelemente wie Meßinstrumente, Sicherungen oder Glimmlampen bringt man allerdings auf der Frontplatte an. Damit die Bohrungen genau übereinander liegen (Befestigungsloch und Durchführungsloch), werden beide Platten zusammengespannt und gleichzeitig gebohrt. In diesem Falle sind die Maße nur auf der Frontplatte festgelegt. Die Aufbauplatte wird dann mit entsprechenden Abstandsstücken an der Frontplatte befestigt. Außerdem erlaubt die Bauweise mit zwei Platten eine gute Lösung der Skalenfrage, ganz gleich ob eine Rund-, Halbrund- oder Linearskala Verwendung finden soll. An der Frontplatte wird die Abdeckscheibe der Skala befestigt, die Skala selbst an der Aufbauplatte. Der Zeiger bewegt sich dann zwischen den beiden Platten.
Für die Kennzeichnung und Beschriftung der einzelnen auf der Frontplatte angeordneten Bauelemente gibt es zahlreiche Möglichkeiten. Am saubersten wirkt es, wenn die entsprechenden Bezeichnungen auf der Frontplatte oder auf schwarzlackierten Blechschildern bzw. Schichtkunststoffen eingraviert werden. Auf Aluminiumfrontplatten, die lediglich mit Schmirgelleinen glattgeschliffen sind, kann man die Beschriftung auch mit schwarzer Tusche aufbringen. Anschließend werden diese Beschriftungen mit farblosem Lack oder Wasserglas abgedeckt, damit sie sich nicht so schnell abgreifen. Dagegen wirken aufgeklebte, mit Schreibmaschine beschriftete Papierschilder bald unsauber.
Sind zu den an der Frontplatte befestigten Bauelementen längere Zuleitungen notwendig, so müssen die zur Selbsterregung oder Brummeinstreuung neigenden Leitungen auf jeden Fall abgeschirmt werden. Dazu benutzt man mit Kupfergeflecht abgeschirmte Leitungen. Das trifft in den meisten Fällen zu für Leitungen, die HF- oder NF-Spannungen führen.
Bei Niederfrequenz führt die zwischen Ader und Kupfergeflecht auftretende Kapazität noch zu keinen wesentlichen Verlusten. Es genügt daher für diese Zwecke ein mit Kupfergeflecht abgeschirmter, isolierter Schaltdraht oder entsprechende Litze. Im Hochfrequenzgebiet jedoch führt die auftretende Kapazität zu Verlusten, so daß man ein kapazitätsarmes, abgeschirmtes Kabel verwenden muß. Abgeschirmte HF-Kabel sind an dem wesentlich größeren Durchmesser leicht zu erkennen. Bei diesen Kabel wird das Kupfergeflecht durch Isolierstoffe in einem bestimmten Abstand von der Ader gehalten.

4.2 Der Selbstbau mechanischer Einzelteile

Im vorigen Abschnitt wurden besonders die Werkzeuge und die verschiedenen Arbeitstechniken erklärt. Das war notwendig, weil der Radiobastler die meisten mechanischen Arbeiten selbst erledigen muß. Eine Werkstatt zu bemühen, würde sich stark auf den Geldbeutel auswirken. Außerdem ist der Stolz über ein wohlgelungenes Gerät wesent-

lich größer, wenn man alles selbst gebaut hat. Es ist daher zu empfehlen, diesen Teil gründlich zu studieren, da er zahlreiche Erfahrungen vermittelt, die manchen Fehlschlag vermeiden helfen.

4.21 Chassis

Für die Ausführung des Chassis gibt es zahlreiche Möglichkeiten (Bild 91). Die einfachste Form ist das U-förmig gebogene Chassis. Zur Befestigung des Chassis im Gehäuse werden unten kleine Winkel angesetzt. Diese Arbeit kann man sparen, wenn das Chassis doppelt U-förmig gebogen wird. Es entstehen dann unten zwei schmale Blechstreifen, die zur Befestigung des Chassis im Gehäuse dienen können. Sollen auch an den Seiten Bauelemente befestigt werden, so ist das Chassis allseitig abzubiegen; es erhält damit ein kastenförmiges Aussehen. Bei den bisher beschriebenen Chassisformen empfiehlt sich das Anbringen der Bohrungen bereits vor dem Biegen; denn das Anreißen der Bohrungen läßt sich an der flachen Platte besser durchführen. In einem anderen Fall setzt sich das Chassis aus zwei U-Schienen und einer Chassisplatte zusammen (Bild 92). Die einzelnen Teile werden durch Verschrauben oder Vernieten aneinandergefügt. Für den Aufbau von Versuchsschaltungen empfiehlt sich ein Chassisrahmen aus Winkelmaterial, bei dem das eigentliche Chassis aus Blechstreifen besteht. Bei dieser Bauform ergeben sich zahlreiche Variationsmöglichkeiten. So kann ein reichlich dimensionierter Netzteil immer bestehenbleiben, ebenso z. B. ein zweistufiger NF-Verstärker. Auf den anderen Blechstreifen baut man dann Einkreis-, Zweikreis- oder Superhetschaltungen auf, die man ausprobieren möchte. Diese Chassisbauform ist für den Versuchsbetrieb universell verwendbar.

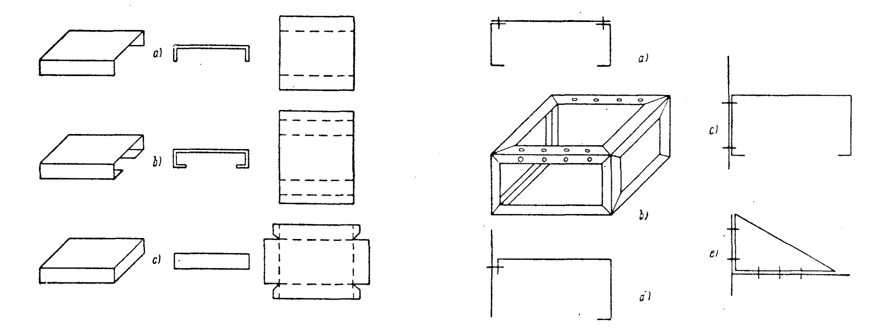


Bild 91 (links). Chassisformen I; einfaches U-förmiges Chassis (a), doppelt gebogenes U-förmiges Chassis (b) und allseitig abgebogenes kastenförmiges Chassis (c)
Bild 92 (rechts). Chassisformen II; aus Aufbauplatte und zwei U-Schienen bestehend (a), Rahmen aus Winkelmaterial für Versuchschassis in Streifenbauweise (b), Chassis mit Frontplatte (c und d), Frontplatte und Chassisplatte werden durch Dreieckbleche verbunden (e)

Als Material für den Bau des Chassis dient halbhartes Aluminiumblech oder galvanisch vorbehandeltes Eisenblech. Während man bei Aluminium Plattenstärken von 1,5 bis 2 mm verwendet, genügen bei Eisenblech Stärken von 0,75 bis 1 mm. Die größere

Blechstärke nimmt man bei längeren Formen, damit das Chassis nicht zu labil wird. Bei größeren Chassistiefen empfiehlt sich eine Versteifung, damit nicht etwa ein größerer Netztransformator die Chassisplatte durchbiegt. Die Versteifungen können seitlich von der Chassismitte nach den abgebogenen Blechstreifen hin erfolgen oder durch ein Stück Bandeisen an beiden Außenseiten zwischen den beiden Befestigungsstreifen. Der Vorgang des Biegens wurde bereits in Abschnitt 3.33 eingehend beschrieben.
Auch für das Chassis mit senkrecht stehender Frontplatte ergeben sich zahlreiche Ausführungsformen; die bekannteste ist das U-förmige Chassis mit daran befestigter Frontplatte. Eine Materialersparnis wird erzielt, wenn man das Chassis L-förmig biegt und mit zwei schmalen Befestigungsstreifen versieht. Eine elegante Lösung ohne große Biegearbeiten ergibt sich, wenn an zwei Dreieckblechen zwei schmale Befestigungsstreifen abgebogen und mit diesen zwei Blechwinkeln Frontplatte und Chassisplatte verbunden werden. Es besteht dann zusätzlich die Möglichkeit, die Chassisplatte im Gehäuse auf einer oder zwischen zwei Winkelschienen laufen zu lassen, was wesentlich zur Stabilität des ausgeführten Gerätes beiträgt. Bei der heute viel verwendeten Flachbauweise wird das Chassis parallel zur Frontplatte angeordnet, also ebenfalls senkrecht (Bild 93). Die Verbindung mit der Frontplatte erfolgt durch zwei entsprechend lange, abgewinkelte Blechstreifen. Auf welcher Seite die Verdrahtung vorgenommen wird, ergibt sich aus den jeweiligen Anforderungen. Zu empfehlen ist eine Verdrahtung auf der inneren Seite des Chassis, da auf diese Weise eine wesentlich kürzere Verdrahtung zu den Bauelementen entsteht, die an der Frontplatte befestigt sind. Bild 94 zeigt ein universell verwendbares Chassis mit Frontplatte.
Die Breite des Chassis ergibt sich je nach dem Umfang der Schaltung und den unterzubringenden Bauelementen. Ein zu großes Chassis ist unzweckmäßig, da dies zwangsläufig lange Leitungsführungen bedingt. Ein zu kleines Chassis mit entsprechend engem Aufbau birgt dagegen die Gefahr von Verkopplungen, Auftreten von Selbsterregung und Brummstörungen. Für Chassis und entsprechende Gehäuse geben die TGL-Vor-

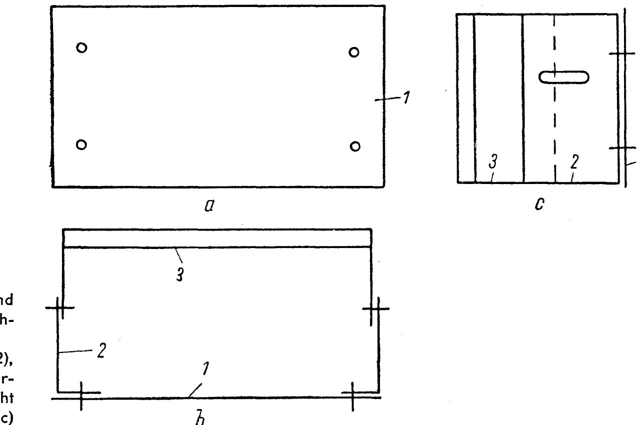


Bild 93. Frontplatte und Chassis für die Flachbauweise; Frontplatte (1), Blechwinkel (2), Chassis (3), Vorderansicht (a), Draufsicht (b) und Seitenansicht (c)

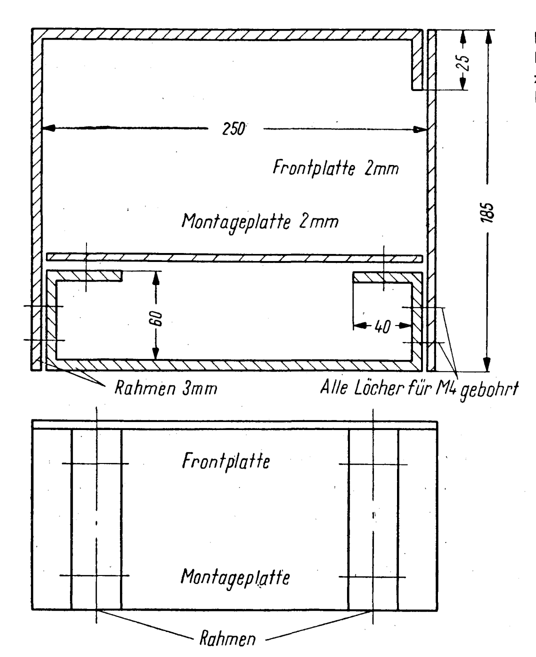


Bild 94. Universalchassis, bei dem Frontplatte und Aufbauchassis durch zwei Rahmen gehalten werden. Die Rahmenteile sind etwa 30 mm breit

schriften des DASt bevorzugte Größen an, die maßgebend sein sollten, wenn Geräte gebaut werden, für die man Chassis und Gehäuse aus Metall anfertigen muß.

4.22 Befestigungsteile

Für die Montage einzelner Bauelemente auf dem Chassis oder der Frontplatte sind Befestigungsteile wie Winkel oder Schellen (Bild 95) erforderlich. Diese Teile werden

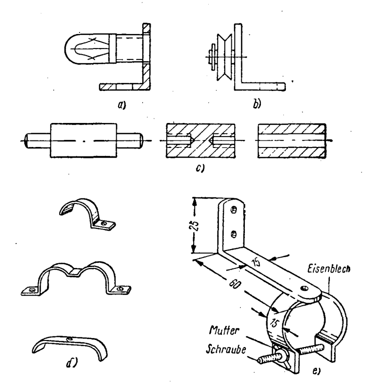


Bild 95. Befestigungsteile; Winkel für Skalenlampe (a), Winkel für Seilrolle (b), Abstandsstücke (c), Befestigungsschellen für Elkos usw. (d) und Halterung für ein magisches Auge (z. B. 6 E 5) (e)

durch Biegen im Schraubstock selbst angefertigt, nachdem die notwendigen Abmessungen festgelegt wurden. Befestigungswinkel benötigt man für Skalenlampenfassungen, Seilrollen, Drehkondensatoren usw., während Schellen bei runden Bauelementen, wie Rollblockkondensatoren, Kabelbäumen oder stärkeren Kabeln, Anwendung finden. Mitunter müssen Bauelemente in gewissem Abstand über dem Chassis stehen. Um das — bei nicht zu großen Abmessungen — zu erreichen, benutzt man Abstandsstücke, die entweder auf beiden Seiten ein Gewinde besitzen oder eine durchgehende Bohrung aufweisen, durch die eine Befestigungsschraube geführt werden kann.

4.23 Skalen

Um jederzeit die augenblickliche Stellung eines zu bedienenden Bauelementes feststellen zu können, wird es mit einer Skala verbunden, auf der man dann den eingestellten Wert leicht ablesen kann (Bild 96). Einfache Skalenformen stellen z. B. Drehknöpfe mit eingravierter Skala dar, die von einem festen Punkt aus abgelesen werden, oder Zeigerdrehknöpfe, bei denen eine Skala untergelegt ist. Das Ablesen erfolgt jeweils an der Spitze des Zeigerdrehknopfes. Größere Ableseskalen können in den vielfältigsten Formen konstruiert werden. Von der Antriebsart her unterscheidet man Skalen mit direktem Antrieb, mit Schnurantrieb und mit Zahnradantrieb. Beim direkten Antrieb wird die bewegliche Achse entweder starr mit dem Antriebsknopf oder mit einer Übersetzung durch ein Planetengetriebe verbunden, das sich im Antriebsknopf befindet. Der Schnurantrieb ist die bekannteste — durch das Rundfunkgerät gewohnte — Antriebsart. Bei hochwertigen Meßgeräten oder Spezialempfängern verwendet man

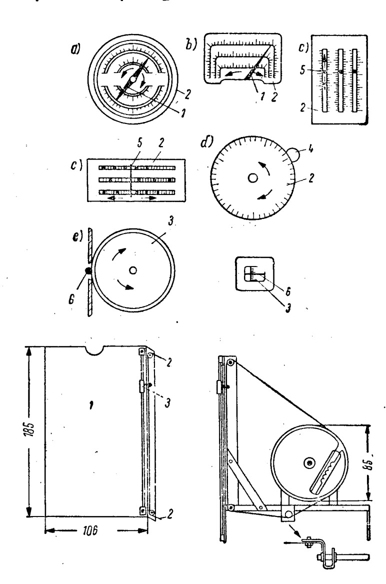


Bild 96. Verschiedene Formen von Skalen für funktechnische Geräte; unbewegliche Kreisskala mit drehbarem Zeiger (a), unbewegliche Rechteckskala mit beweglichem Zeiger (b), unbewegliche Rechteckskala mit geradlinig verschiebbarem Zeiger (c), drehbare Kreisskala mit unbeweglichem Zeiger (d), drehbare Trommelskala mit unbeweglichem Zeiger (e). Drehbarer Zeiger (1), Skala (2), drehbare Trommelskala (3), unbeweglicher Zeiger (4 und 6), beweglicher Zeiger (5)

Bild 97. Aufbaubeispiel einer senkrecht stehenden Linearskala; Skalenrückwand (1), Skalenseil (2) und Zeigerbefestigung (3)

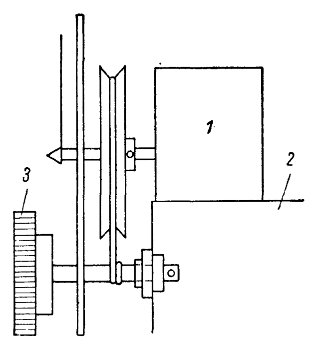


Bild 98. Skalenantrieb für eine Halbkreisskala, bei der der Zeiger auf der Drehkoachse befestigt wird; Drehkondensator (1), Chassis (2) und Drehknopf (3)

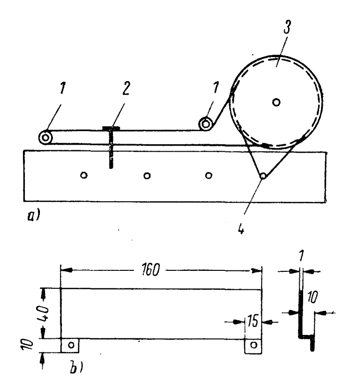


Bild 99. Anordnung eines waagerecht verlaufenden Seilzuges für eine Linearskala; Schema des Seilzuges (a), Blech für Skalenbeschriftung (b)

einen Antrieb mit verspannten Zahnrädern, weil bei dieser Antriebsart das Skalenspiel, also die Wiederkehrgenauigkeit der Einstellung, besonders günstige Werte erreicht.

Bei den Skalen gibt es folgende hauptsächliche Typen:

Kreisskala mit beweglichem Drehzeiger,
Rechteckskala mit beweglichem Drehzeiger,
Rechteckskala mit waagerecht oder senkrecht beweglichem Zeiger;

drehbare Kreisskala mit feststehendem Zeiger,
drehbare Trommelskala mit feststehendem Zeiger.

Für den Selbstbau von Skalenantrieben kommt allerdings nur der Schnurantrieb in Frage (Bild 97). Man benötigt dafür lediglich ein dem Zeigerweg entsprechendes Skalenrad mit Seilrillen, eine Antriebsachse, eine Zugfeder zum Spannen der Antriebsschnur und einige Seilrollen zur Richtungsänderung des Schnurverlaufes. Den einfachsten Schnurverlauf zeigt Bild 98. Er führt direkt vom Skalenrand zur Antriebsachse und von da zum Skalenrad zurück. Das Skalenrad besitzt eine zentrische Bohrung, durch die die Achse des angetriebenen Bauelementes geführt wird. Mit ein oder zwei Madenschrauben wird das Skalenrad auf der Achse festgeschraubt. Am Skalenrad sind meist zwei Bohrungen oder Zapfen zur Befestigung der beiden Enden des Schnurantriebes. Der Schnuranfang wird fest am Skalenrad angeknüpft, dann die Schnur verlegt und zuletzt das Schnurende wieder zum Skalenrad geführt. Am zweiten Befestigungspunkt ist die Zugfeder einzusetzen. Das Schnurende befestigt man dann am anderen Ende der Zugfeder — wobei diese gespannt wird — und führt zur Vergrößerung der Reibung die Schnur wenigstens zweimal um die Antriebsachse.
Bild 99 zeigt eine Skalenanordnung für eine waagerecht verlaufende Linearskala. Es wird ein einziges Skalenseil verwendet, auf dem Skalenrad befinden sich dann etwa

Bild 100. Verbindung des Zeigers mit dem Skalenseil; Befestigung durch Umschlingungen (a), Befestigung an einem Zeigerschlitten, der auf einer Achse geführt wird (b)

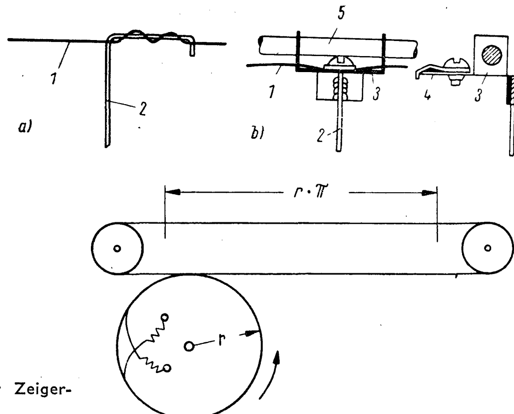


Bild 101. Skizze zur Berechnung der Zeigerweglänge für eine Linearskala

$1^3/_4$ Umschlingungen. Die Befestigung des Zeigers kann auf einfache Weise durch mehrere Umschlingungen erfolgen (Bild 100a).

Bei rechteckigen Skalen benötigt man zur Führung der Antriebsschnur mehrere Seilrollen. Der Durchmesser des Skalenrades richtet sich nach der Zeigerweglänge (Bild 101). Mit Hilfe folgender Formel kann bei gegebener Zeigerweglänge l der Durchmesser d des benötigten Skalenrades leicht errechnet werden:

$$d = \frac{2 \cdot l}{\pi}; \; d = 2r, \; l = r \cdot \pi;$$

d = Durchmesser des Skalenrades (cm), l = Zeigerweglänge (cm), $\pi = 3{,}14$.

1. Beispiel

Wie groß muß für eine Zeigerweglänge von l = 19 cm der Durchmesser d des Skalenrades sein?

$$d = \frac{2 \cdot 19}{3{,}14} = \frac{38}{3{,}14} \approx \underline{\underline{12 \text{ cm.}}}$$

2. Beispiel

Welche Zeigerweglänge l läßt sich mit einem vorhandenen Skalenrad verwirklichen, dessen Durchmesser d = 16 cm beträgt?

Nach Formel (1) erhält man

$$l = \frac{d \cdot \pi}{2} = \frac{16 \cdot 3{,}14}{2} = 8 \cdot 3{,}14 \approx \underline{\underline{25 \text{ cm.}}}$$

Bei rechteckigen Linearskalen ist es empfehlenswert, den beweglichen Zeiger mit einer Führung auf einer 3 bis 4 mm starken Achse laufen zu lassen (Bild 100b). Die Beschriftung der Skala erfolgt in den meisten Fällen mit schwarzer Tusche auf Zeichenkarton, weißem Kunststoff oder auf einem mit weißer Farbe gespritzten Blech. Vor der Skala befindet sich eine Schutzglasscheibe. Die Beleuchtung der Skala kann von den Seiten, von oben oder von unten erfolgen.

Im Handel sind verschiedene für den Aufbau von Geräten brauchbare Skalenantriebe erhältlich. Ebenso gibt es für Rundfunkgeräte ausgelegte Skalenscheiben in zahlreichen Ausführungen.

4.24 Lötösenleisten

Um vor allem kleineren Bauelementen, wie Widerständen und Kondensatoren, bei der Verdrahtung einen mechanisch festen Halt zu geben, bringt man entsprechende Lötösenleisten oder Lötösenplatten an (Bild 102 und 103).
Bei einreihigen Lötösenleisten wird ein Widerstand zwischen einem anderen Bauelement und der Lötösenleiste angeordnet, während bei zweireihigen Lötösenplatten Widerstände und Kondensatoren an zwei gegenüberstehenden Lötösen angelötet werden. Bei der zweiten Montageart kann man bereits vor dem Einbau der Lötösenplatte eine Verdrahtung vornehmen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, in der Lötösenplatte Ausschnitte für Röhrenfassungen aufzunehmen. Es ist dann eine starre Verdrahtung der an den Röhrenfassungen anliegenden Widerstände und Kondensatoren möglich.

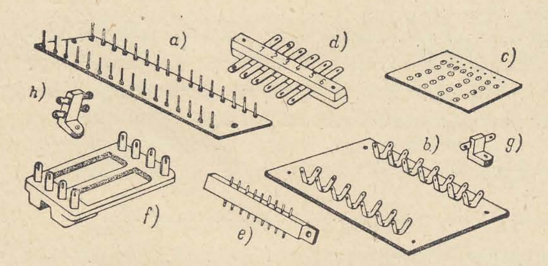


Bild 102. Verschiedene Ausführungsformen von Lötösenplatten; mit eingenieteten Messingstiften (a), mit Nietlötösen (b), mit Messing-Hohlnieten (c), mit eingepreßten Lötanschlüssen (d bis f), Lötstützpunkte (g und h)

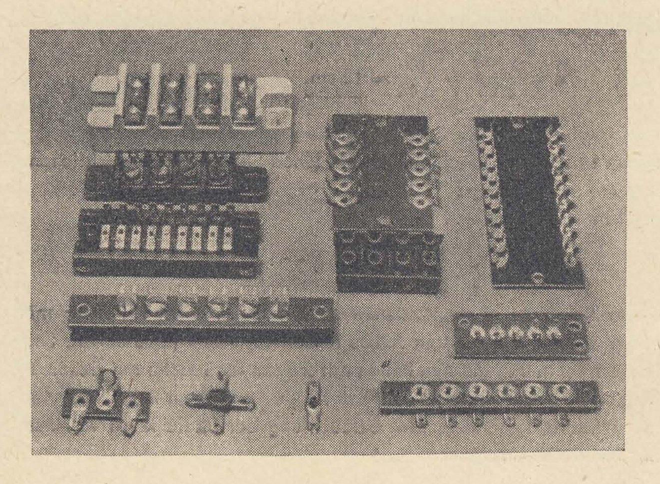


Bild 103. Verschiedene Ausführungsformen von Lötösenplatten und Anschlußleisten

Für die Herstellung der Lötösenleisten und Lötösenplatten benötigt man Pertinax in den Stärken von 1 bis 1,5 mm. Als Lötösen nimmt man zweiseitige Lötösen mit angedrücktem Hohlnietzapfen. Der Hohlnietzapfen wird durch eine entsprechende Bohrung gesteckt und auf einer festen Unterlage mit einem Körner fest angestaucht, anschließend der überstehende Zapfenrest mit einem Hammer breit geschlagen. Es ist darauf zu achten, daß die Lötöse fest in der Bohrung sitzt. Benutzt man zweiseitige Lötösen mit einer Bohrung, dann müssen zur Befestigung Hohlnieten verwendet werden.
Die Lötösen sind auf dem Pertinax so anzuordnen, daß sie sich nicht berühren (günstigster Abstand 10 mm). Werden die fertigen Lötösenleisten auf einem Metallchassis angebracht, so ist ein zweiter Pertinaxstreifen unterzulegen oder die Lötösenleiste auf Abstandsstücke zu setzen, da bei direkter Befestigung auf dem Metallchassis alle Lötösen durch das Metallchassis kurzgeschlossen würden. Bei besonders hochwertigen Verbindungen kann mitunter der Verlustwiderstand von Pertinax bereits zu groß sein. In diesen Fällen verwendet man entweder eine freiliegende Verdrahtung oder keramische Bauteile, die man allerdings fertig beziehen muß, weil sie sich nicht mehr bearbeiten lassen.

4.25 Gehäuse

Ein fertiggestelltes Gerät erhält durch ein geeignetes Gehäuse nicht nur ein gefälliges Aussehen, sondern es wird damit auch vor Staub und Beschädigung geschützt. Außerdem bildet ein offenstehendes Gerät wegen der spannungführenden Teile stets eine Gefahrenquelle.
Bei selbstgebauten Rundfunkempfängern bereitet das Gehäuse keine großen Sorgen, da man es in den meisten Fällen vor Baubeginn beim Fachhandel kaufen wird. Nicht ganz so einfach ist es, wenn man sehr kleine Geräte oder Kofferempfänger bauen will. Fehlt die nötige Erfahrung, so läßt man derartige Gehäuse nach eigenem Entwurf bei einem Tischler herstellen. Anschließend werden die fertigen Holzgehäuse mit passender Kunststoffolie bezogen.
Bei selbstgebauten Meßgeräten wird die Gehäusefrage schon komplizierter. Wenn eine Abstrahlung von Hochfrequenz zu erwarten ist, muß das Gehäuse aus Blech bestehen,

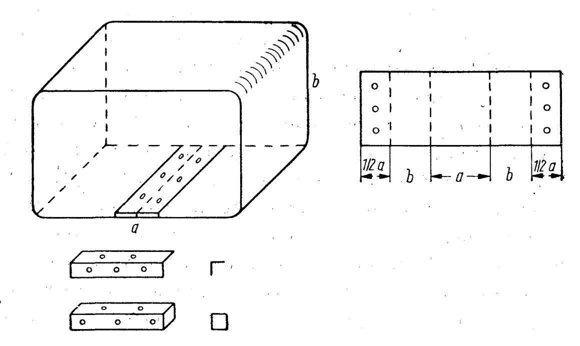
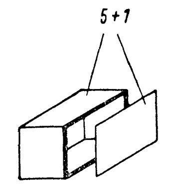
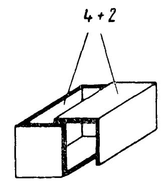


Bild 104. Selbstbau-Blechgehäuse, aus einem Blechstreifen gefertigt. Die Befestigung von Frontplatte und Rückwand kann durch Winkel- oder Vierkantstreifen erfolgen





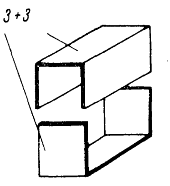


Bild 105. Flächenanordnungen bei Gehäusen

um diese entsprechend abzuschirmen. Andere Meßgeräte können ein einfaches Holzgehäuse aus 10 mm starkem Holz oder Sperrholz erhalten. Die Frontplatte weist entweder die gleichen Abmessungen auf wie das Holzgehäuse, oder sie wird etwas versenkt in das Holzgehäuse eingesetzt. Bei der einen Ausführung erfolgt die Befestigung am Holzrahmen, während bei der anderen Ausführung in die Ecken quadratische Holzklötzchen zur Befestigung eingesetzt werden.

Gibt es für den Aufbau eines Gerätes keine geeigneten Blechgehäuse zu kaufen, dann bleibt nur der Selbstbau (Bild 104). Werden keine zu großen Anforderungen an die Abschirmwirkung gestellt, so genügt ein Verkleiden des Holzgehäuse-Inneren mit Aluminiumfolie oder dünnem Aluminiumblech. Für ein Blechgehäuse gibt es verschiedene Möglichkeiten der Ausführung. Man kann passend zugeschnittene Blechplatten mit Winkelmaterial zu einem Gehäuse verbinden. Als Verbindungselemente dienen Nieten oder Schrauben. Die Befestigung der Frontplatte und der Rückwand erfolgt ebenfalls an Winkeln.

Für ein Gehäuse werden sechs Flächen benötigt; aus Bild 105 sind die gebräuchlichsten ersichtlich. Für Gehäuse mit herausnehmbarer Frontplatte, an der z. B. das Chassis befestigt ist, verwendet man den Typ „5 + 1". Wird ein Gerät mit feststehender Frontplatte aufgebaut, z. B. ein größeres Stromversorgungsgerät, dann benutzt man den Typ „4 + 2". Die zwei Flächen stellen dabei die Abdeckhaube dar. Für kleinere Geräte, z. B. für ein Grid-Dip-Meter, empfiehlt sich der Typ „3 + 3".

Steht eine geeignete Biegeeinrichtung zur Verfügung, so kann man die Wandung des Gehäuses aus einem entsprechend dimensionierten Blechstreifen biegen. Die beiden aufeinanderstoßenden Kanten liegen unten in der Mitte und werden durch einen Blechstreifen miteinander vernietet. Nimmt man zur Herstellung des Gehäuses Eisenblech, so kann die Verbindung der Gehäusewand und das Befestigen der Winkel für Frontplatte und Rückwand durch Punktschweißung in einer Werkstatt erfolgen.

Die häufig verwendeten Gehäuseabmessungen sind im Tabellenanhang aufgeführt, ebenso die Abmessungen für Kastengestelle mit Einschüben. Diese Bauart bevorzugt man, wenn das zu bauende Gerät aus mehreren Einheiten besteht, z. B. bei einem Amateursender. Die einzelnen Baugruppen werden jeweils auf einem Einschub aufgebaut. Das Kastengestell ist für die vorgesehene Anzahl der Einschübe zu dimensionieren. Die elektrische Verbindung der einzelnen Einschübe untereinander kann entweder durch starre Verdrahtung, besser jedoch durch Steckverbindungen erfolgen, die man am Einschub und am Kastengestell anordnet.

In einigen Fällen sind pultförmige Gehäuse erforderlich, so bei NF-Verstärkern mit mischbaren Eingängen. Auf der pultförmigen Fläche werden dann die entsprechenden

Regelglieder aufgebaut, während Röhren, Transformatoren und Elkos auf der waagerechten Chassisfläche Platz finden. Die notwendigen Anschlußbuchsen setzt man auf der Rückseite ein. Zur Sicherheit wird über der Chassisfläche eine Abschirmhaube angebracht. Die Herstellung des Pultes erfolgt durch Biegen, wobei Pult, waagerechtes Chassis und Rückwand aus einem Blech bestehen.
Damit sich ein in Betrieb befindliches Gerät nicht zu sehr erwärmt, muß die Rückwand zahlreiche Öffnungen aufweisen. Man ordnet am besten oben und unten einige Reihen von Bohrungen an. Dadurch kann unten frische Luft in das Innere des Gerätes strömen und oben die erwärmte Luft entweichen. Soll ein Gerät transportabel gestaltet werden, so bringt man bei leichteren Geräten oben auf dem Gehäuse einen Griff, bei schwereren Geräten zwei Griffe an den Seitenwänden an. Damit die Geräte die Tischplatten nicht zerkratzen, wird der Gehäuseboden mit vier Gummifüßen versehen.

4.3 Wie erfolgt die Montage funktechnischer Geräte

Sind die mechanischen Arbeiten an Chassis und Gehäuse beendet, dann erfolgt die Montage der einzelnen größeren Bauelemente. Dabei ist einiges zu beachten. Auch eventuell abzuschirmende Bauelemente oder Röhrenelektroden, die schädlichen Einfluß auf die Schaltung erwarten lassen, sind besonders zu behandeln.

4.31 Befestigen der Bauelemente

Grundsätzlich sollte man die Anschlüsse der Bauelemente vor dem Einbau verzinnen. Das gilt für alle Bauelemente, bei denen Leitungsdrähte der Verdrahtung angelötet werden müssen (vor allem Röhrenfassungsfedern, Lötösen, Spulenanschlüsse usw.). Durch diese Maßnahme wird sehr viel Mehrarbeit vermieden, da es bei eingebauten Bauelementen nicht immer gelingt, die zu lötende Stelle einwandfrei zu säubern. Sind die Bauelemente einwandfrei verzinnt, so kann der Einbau erfolgen.
Die Bauelemente werden in der Regel mit Schrauben und Muttern befestigt. Für kleinere Bauelemente genügen Schrauben mit 3-mm-Gewinde. Größere und schwerere Bauelemente, z. B. Transformatoren, erfordern entsprechend stärkere Schrauben. Sollen Bauelemente unverrückbar festliegen, so legt man unter die Mutter eine gezahnte Scheibe. Um ein Zerspringen der keramischen Bauteile beim Anziehen der Schraube

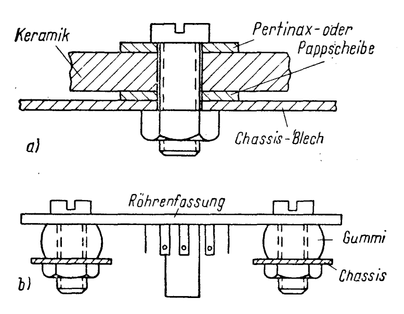


Bild 106. Befestigen von Bauteilen; keramische Bauteile erhalten beidseitig eine weichere Zwischenlage, damit beim Anziehen der Schraubverbindung der keramische Bauteil nicht zerspringt (a), durch Gummilagerung federnde Röhrenfassung, um ein Klingen der Röhre bei Erschütterungen zu vermeiden (b), besser auf beiden Seiten der Röhrenfassung Gummis anordnen

zu vermeiden, wird auf beiden Seiten des Durchgangsloches je eine Papp- oder Hartpapierscheibe angebracht (Bild 106).
Muß zwischen Bauelement und Chassis eine metallische Verbindung bestehen, bei Potentiometern usw., dann muß darauf geachtet werden, daß die beiden aufeinanderliegenden Metallflächen sauber sind.
Besonderes Augenmerk ist auf die Spannungsfestigkeit zu richten. Das gilt nicht nur für Kondensatoren, die entsprechend der anliegenden Betriebsspannung dimensioniert sein müssen; auch bei anderen Bauelementen muß darauf geachtet werden, daß spannungsführende Teile nicht zu nahe am Chassis oder anderen metallischen Bauelementen liegen.
Unbedingte Vorsicht ist bei Allstromschaltungen geboten. Bekanntlich steht das Chassis bei dieser Schaltungsart mit einem Netzpol in direkter Verbindung. Man hat also spezielle Maßnahmen zum Berührungsschutz zu treffen. Die metallischen Teile sind auf jeden Fall gegen eine Berührung abzusichern. Das Chassis muß durch die Rückwand berührungssicher abgedeckt, die Madenschrauben der Drehknöpfe müssen durch eine Wachsschicht gesichert werden. Alle Buchsen, die mit dem Chassis in direkter Verbindung stehen, erhalten einen Schutzkondensator, damit beim Anschluß einer Erdleitung kein Kurzschluß entsteht.
Einige Bauelemente sind isoliert zu befestigen. So muß z. B. bei der halbautomatischen Gittervorspannungserzeugung der Ladeelko isoliert werden. Bei einigen Ausführungen von Hartpapier-Drehkondensatoren ist die metallische Achse mit den Rotorplatten direkt verbunden. In Rückkopplungsschaltungen muß daher ein solcher Drehkondensator isoliert befestigt werden. Die Isolierung sämtlicher spannungsführender Buchsen dürfte selbstverständlich sein. Des weiteren sind Skalenlampenfassungen in Allstromschaltungen isoliert zu befestigen, da sie im Serienheizkreis liegen.

4.32 Abschirmung bestimmter Bauelemente

Im Niederfrequenzbereich dienen Abschirmungen zum Vermeiden des Brummens. Daher werden vor allem hochohmige Eingänge abgeschirmt. Außerdem kann es manchmal notwendig sein, RC-Kombinationen, die am Steuergitter liegen, statisch abzuschirmen. Das Steuergitter ist für Brummeinstreuungen besonders empfindlich. Deshalb werden auch alle Leitungen, die zum Steuergitter einer Elektronenröhre führen, grundsätzlich abgeschirmt (Bild 107). Bauelemente, die stärkere Wechsel-

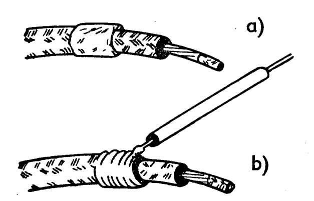
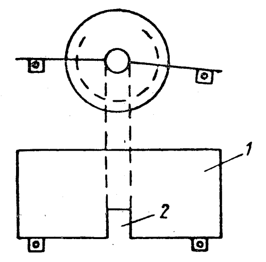


Bild 107 (links). Bei abgeschirmten Leitungen wird erst das Kupfergeflecht verzinnt (a) und dann der Masseanschluß angelötet (b)

Bild 108 (rechts). Abschirmung an einer Röhrenfassung für Miniaturröhren



felder erzeugen, vor allem Transformatoren, sind daher keinesfalls in unmittelbarer Nähe solcher Leitungen zu befestigen. Um Selbsterregung zu vermeiden, dürfen Eingangsschaltung und Ausgangsschaltung nicht miteinander koppeln. Werden diese Hinweise nicht beachtet, so ergeben sich laute Heultöne.
Die Gefahr der Selbsterregung besteht besonders im Hochfrequenzgebiet. Am anfälligsten dafür ist der Zwischenfrequenzteil, weil bei diesem alle Schwingungskreise auf der gleichen Frequenz, der Zwischenfrequenz, arbeiten. Deshalb sind ZF-Bandfilter grundsätzlich abgeschirmt. Da im ZF-Verstärker am Steuergitter und an der Anode Schwingungskreise mit gleicher Resonanzfrequenz liegen, muß man bei hartnäckigen Fällen an der Röhrenfassung zwischen dem Gitteranschluß und dem Anodenanschluß ein Abschirmblech einfügen (Bild 108). Das gleiche gilt für mehrkreisige Eingangsschaltungen, wo die Spulen unbedingt gegeneinander abzuschirmen sind.
In Abschnitt 4.25 wurde bereits einiges über die ungewollte Abstrahlung bei Hochfrequenz gesagt. Um jede nicht beabsichtigte HF-Ausstrahlung zu vermeiden, müssen Geräte, wie Prüfgeneratoren usw., in dichte Metallgehäuse eingebaut werden. Die Störschutzbestimmungen der Deutschen Post sind in dieser Hinsicht sehr streng. Das trifft auch zu für Oszillatorausstrahlungen bei Superhet-Empfängern, insbesondere im UKW-Bereich. Diese Ausstrahlungen stören vor allem den Fernsehempfang. Als eine der hartnäckigsten Störquellen erweist sich in dieser Beziehung die Audionschaltung mit Pendelrückkopplung, die deshalb nicht mehr statthaft ist.

4.4 Wie erfolgt die Verdrahtung funktechnischer Geräte

Der Anfänger wird in den meisten Fällen zur Verdrahtung (Bild 109) den entsprechenden Plan zu Hilfe nehmen, bis er gelernt hat, aus dem Schaltbild die angegebenen Verbindungen selbständig am Eigenbaugerät auszuführen.

4.41 Verdrahtungsplan

Im Verdrahtungsplan sind entsprechend dem montierten Chassis alle notwendigen Verbindungen eingezeichnet (Bild 110). Der Anfänger erhält also mit dem Verdrah-

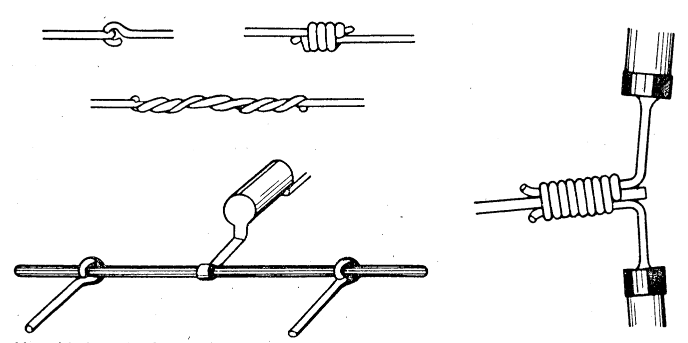


Bild 109. Verschiedene Ausführungen von Lötverbindungen

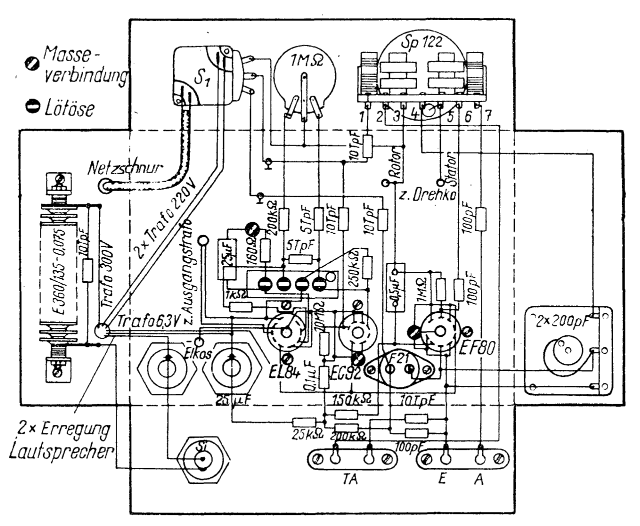


Bild 110. Verdrahtungsplan für den einfachen Einkreis-Empfänger nach Bild 84

tungsplan den bereits in die Konstruktion übersetzten Schaltplan. Er hat lediglich die Schaltdrähte in der vorgezeichneten Weise zu verlegen und anzulöten. Viele Verfasser von Bauanleitungen lehnen den Verdrahtungsplan ab, da er zu gedankenlosem Nachbau des Gerätes führe. Es trifft auch zu, daß der Newcomer oft ohne jede eigene Überlegung einfach die Vorlage übernimmt. Klar ist aber, daß der Verdrahtungsplan bereits vor dem in symbolhafter Weise ausgeführten Schaltplan vorhanden war. Der Autor dieses Buches ist der Meinung, der Anfänger sollte unbesorgt die ersten zwei bis drei selbstgebauten Geräte mit Hilfe eines Verdrahtungsplanes aufbauen und verdrahten. Allerdings wird empfohlen, dabei ständig Schaltplan und Verdrahtungsplan zu vergleichen, damit er lernt, das Schaltbild in die Konstruktion umzusetzen.

4.42 Ausführung der Verdrahtung

Als Grundsatz ist zu merken, daß kürzeste Leitungsführung stets vor Schönheit geht. Geradlinige und in Kabelbäumen untergebrachte Leitungsführung sieht zwar sehr gut aus, kann aber zum völligen Versagen des Gerätes führen. Gleichstromleitungen dürfen ohne weiteres in Kabelbäumen zusammengefaßt werden, ebenfalls z. B. die Verdrahtung eines Netzgerätes. Verstärker- und Empfängerschaltungen dagegen müssen eine möglichst kurze Leitungsführung aufweisen. Heizleitungen werden, um Brummausstrahlungen zu mindern, grundsätzlich verdrillt.
Zur Verdrahtung benutzt man Schaltdraht, der aus einer von Kunststoff umgebenen Kupferseele besteht. Der Durchmesser der Kupferseele beträgt 0,7 bzw. 0,5 mm. Nur bei größeren Strömen, etwa bei Heizleitungen, wird Schaltdraht von 1 mm Durchmesser verwendet. Für Erdleitungen benutzt man blanken oder verzinnten Kupferdraht

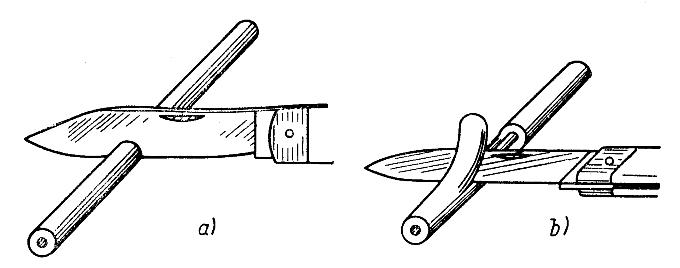


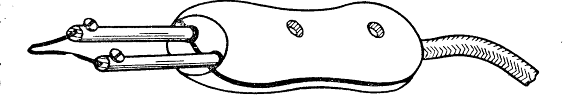
Bild 111. Abisolieren von kunststoffisoliertem Schaltdraht mit dem Taschenmesser (a) falsch, (b) richtig

von 1 mm Durchmesser. Sollen Verbindungsleitungen flexibel ausgeführt werden, so ist Schaltdraht in den meisten Fällen zu steif; es eignet sich daher besser Litze aus dünnen, blanken Kupferdrähten mit einer Kunststoffumhüllung oder Baumwollumspinnung. Um Verluste bei der Verdrahtung von Schwingungskreisen kleinzuhalten, wird vor allem bei höheren Frequenzen versilberter Kupferdraht benutzt. Für Netzanschlüsse nimmt man meist zweiadrige Litze mit Gummimantel oder flacher Kunststoffumhüllung.

Beim Abisolieren des Schaltdrahtes oder eines Litzenkabels sind einige Hinweise von Bedeutung. Verwendet man ein Messer, z. B. das Taschenmesser, so ist darauf zu achten, daß der Kupferdraht nicht angeschnitten wird (Bild 111), denn eine dabei entstehende Kerbe führt beim Biegen zum Bruch. Besser eignet sich eine Abisolierzange, die —richtig eingestellt — den Kupferdraht nicht verletzt. Kunststoff-Schaltdrähte können auch durch Wärmeeinwirkung abisoliert werden (Bild 112). Manche Lötkolben haben zu diesem Zweck am Kolben einen Blechwinkel mit Kerbe: Wird beim heißen Lötkolben der Schaltdraht in der Kerbe gedreht, so schmilzt an dieser Stelle der Kunststoff und kann abgestreift werden. Ist der Schaltdraht nicht verzinnt, so muß der Kupferdraht unbedingt vor dem Anlöten gesäubert und verzinnt werden. Durch längere Lagerzeit erhält der Kupferdraht eine Oxydationsschicht, die bei direktem Einlöten zu den bekannten kalten Lötstellen führt.

Besondere Schwierigkeiten bereitet das Abisolieren von HF-Litzen und das anschließende Verzinnen. HF-Litze besteht aus einer Anzahl sehr dünner Kupferlackdrähte. Es ist zu beachten, daß bereits ein einzelner nicht erfaßter Draht den Gütewert der HF-Spule wesentlich mindern kann. Beim Verzinnen sind also unbedingt sämtliche Kupferdrähte zu erfassen. Da diese dünnen Drähte mit mechanischen Mitteln schwer wieder blank gemacht werden können, hilft nur ein Abbrennen der Lackschicht. Die Baumwollumspinnung wird vorsichtig entfernt, damit beim Abbrennen nicht rußartige Rückstände am Kupfer verbleiben, die ein Verzinnen erschweren. Dann hält man die Kupferdrähte bis zum Glühen in eine Brennspiritusflamme und taucht sie noch im

Bild 112. Elektrische Abisoliereinrichtung, mit Widerstandsdraht, der erwärmt wird, Messingbolzen, Heft und Kabel zur Transformatorwicklung (etwa 0,5 bis 2 Volt!)



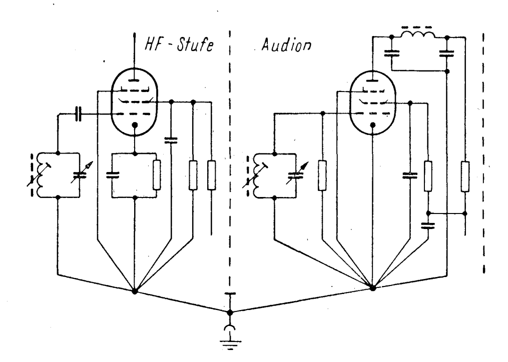


Bild 113. Zusammenfassung der Erdpunkte für die einzelnen Röhrenstufen

glühenden Zustand in Brennspiritus. Nach dieser Behandlung läßt sich die HF-Litze bequem mit Hilfe von Kolophonium verzinnen. Sollte die Kupferlitze nach dem Glühen nicht blank sein, so lassen sich die verbrannten Lackreste ohne weiteres mit feinem Schmirgelleinen entfernen.

Schwierigkeiten bereitet mitunter das Verdrahten der Erdpunkte (Bild 113). Auf jeden Fall sind sie nicht wahllos an das Chassis zu führen, da sonst undefinierbare Erdungsverhältnisse auftreten. Im Bereich der niederen Frequenzen genügt es, die Erdpunkte auf einer Erdleitung zu erfassen und diese an einem Punkt mit dem Chassis zu verbinden. Bei höheren Frequenzen, vor allem im KW- und UKW-Gebiet, ist das nicht mehr zulässig. In diesem Frequenzbereich werden die zu einer Röhrenstufe gehörenden Erdpunkte zusammengefaßt und unmittelbar an der Röhrenfassung an das Chassis geführt. Dadurch vermeidet man Verkopplungen zwischen den einzelnen Röhrenstufen. Während bei Fassungen für Röhren mit Röhrenfüßen aus Preßstoff unbedenklich kleinere Bauelemente, wie Widerstände und Kondensatoren, fest angelötet werden können, ist bei der Verdrahtung von Röhrenfassungen für Miniaturröhren Vorsicht geboten. Miniaturröhren besitzen bekanntlich nur einen Preßglasteller mit den Sockelstiften. Eine Beanspruchung dieser Sockelstifte durch Querkräfte kann zu Glassprüngen im Preßglasteller führen. Damit hat eine solche Röhre „ausgedient". Die Sockelfedern einer Miniaturröhrenfassung dürfen also nicht in eine starre Verdrahtung einbezogen werden, sondern müssen beweglich bleiben. Man verwende daher vorsichtshalber dünnere Schaltdrähte.

4.43 Verdrahten von Lötösenplatten

Lötösenplatten kann man bereits vor dem Einbau verdrahten (Bild 114). Diese Verdrahtung erfolgt entweder unter den Bauelementen oder besser unter der Lötösenplatte. Zu diesem Zweck fertigt man sich einen Schaltungsauszug an, damit die Reihenfolge der auf der Lötösenplatte anzuordnenden Bauelemente festgelegt werden kann. Es dürfen dabei nur wenige Kurzschlüsse benachbarter Lötösen und einige Verbindungen zu schräg gegenüberliegenden Lötösen erforderlich sein. Außerdem sollen die Anschlüsse zu den Röhrenelektroden auf der einen Seite, die Spannungs- und Erd-

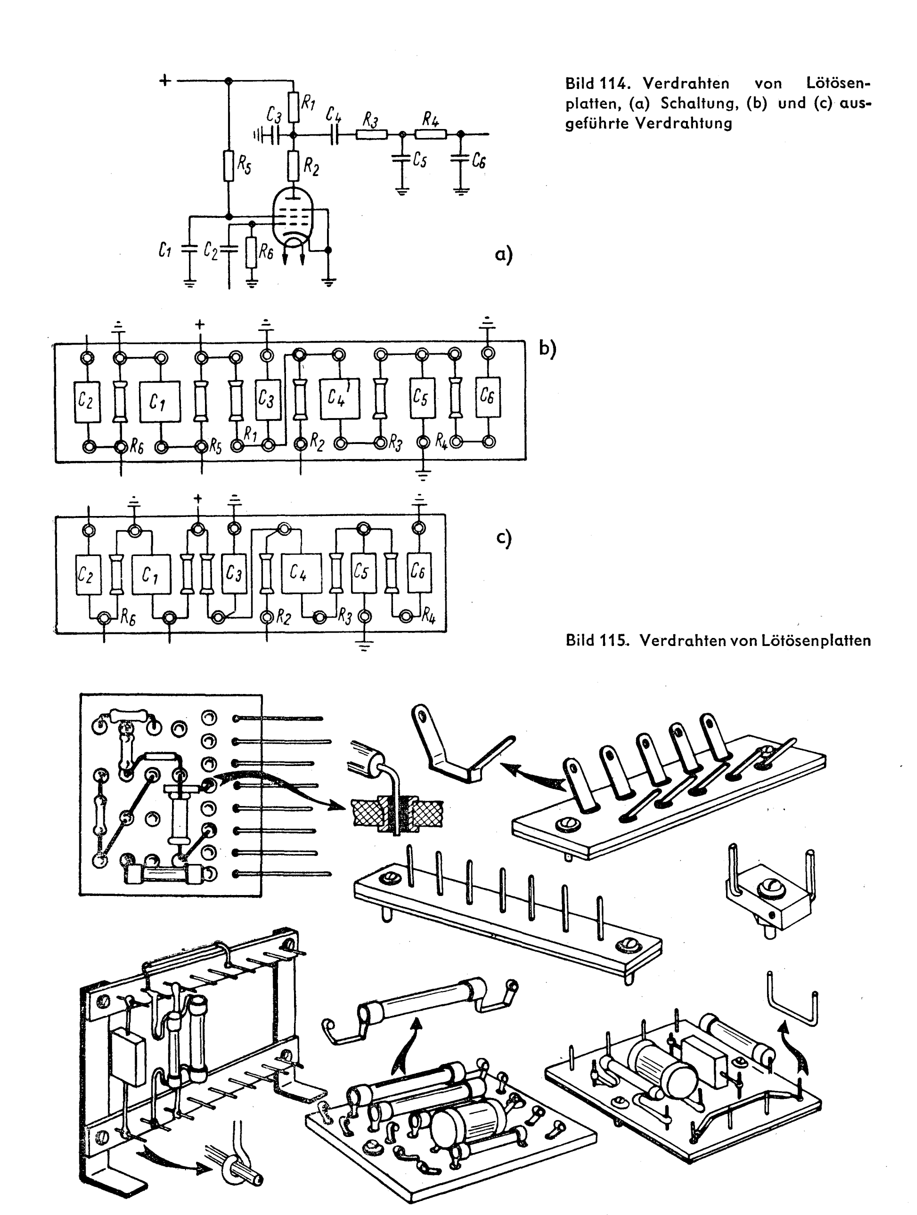


Bild 114. Verdrahten von Lötösenplatten, (a) Schaltung, (b) und (c) ausgeführte Verdrahtung

Bild 115. Verdrahten von Lötösenplatten

zuführungen auf der anderen Seite liegen. Die Lötösenplatte wird dann möglichst nahe der Röhrenfassung angeordnet, damit kurze Zuleitungen entstehen (Bild 115).

4.44 Abbinden der Verdrahtung

Wie bereits gesagt, kann man alle Leitungen, die der Fachsprache nach „kalt“ sind, zu einem Kabelbaum vereinigen. Dazu gehören vor allem Verbindungsdrähte des Netzteiles, Erdleitungen und Gleichstromleitungen. Der Kabelbaum erhält seinen festen Zusammenhalt durch ein schleifenartiges Binden mit gewachster Hanfschnur (Bild 116). Beim Abbinden des Kabelbaumes wird an seinem dicken Ende begonnen, nachdem die Hanfschnur fest mit einer Umschlingung angeknotet ist. In kurzen Abständen nimmt man laufend weitere Umschlingungen vor. Dabei kann die einzelne Schlinge als Einfachschlinge oder als Doppelschlinge ausgeführt werden. Jede Schlinge wird einzeln festgezogen und bis zur Fertigstellung der nächsten festgehalten. Weisen alle Schlingen den gleichen Abstand auf, so erhält der Kabelbaum ein gefälliges Aussehen. Bei längeren Kabelbäumen ist es manchmal erforderlich, ihn mit Rohrschellen am Chassis zu befestigen. Werden bei der Verdrahtung ein- oder zweiadrige Kabel mit Baumwollumspinnung verwendet, so müssen die Baumwollenden abgebunden werden. Die Baumwollumspinnung liegt meist locker auf und würde sich sonst verschieben und ausfransen. Zum Abbinden wird dünne, gewachste Hanfschnur benutzt. Die Baumwollumspinnung schneidet man an der Abbindestelle sauber ab, legt ein Ende der Hanfschnur doppelt, so daß eine Öse bleibt, und wickelt dann die Hanfschnur nach vorn fest auf. Das Ende muß straff durch die Öse geführt werden. Mit einer Zange faßt man dann das untergewickelte Ende und zieht das andere Ende unter die Wicklung. Die überstehenden Enden sind abzuschneiden. Beide Enden liegen jetzt fest unter der Wicklung und können sich nicht lösen.

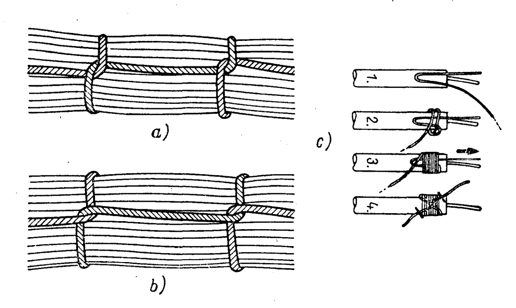


Bild 116. Abbinden von Kabeln, (a) richtiger Abbund an Kabelbäumen, (b) falscher Abbund an Kabelbäumen, (c) Abbinden von Kabelenden

4.5 Die Versuchsschaltung

Hat man eine Anzahl Bauanleitungen aus Fachzeitschriften, Büchern oder Broschüren nachgebaut, dann möchte man nach eigenen Wünschen ein Gerät bauen. Will man bei solchen eigenen Entwicklungsarbeiten Rückschläge vermeiden, so muß man ein solches Vorhaben gut durchdenken. Zuerst sollte man schriftlich festlegen, welche Anforderungen an das zu entwickelnde Gerät zu stellen sind. Daran schließt sich ein Literaturstudium, um das bereits Vorhandene auf dem entsprechenden Gebiet kennen-

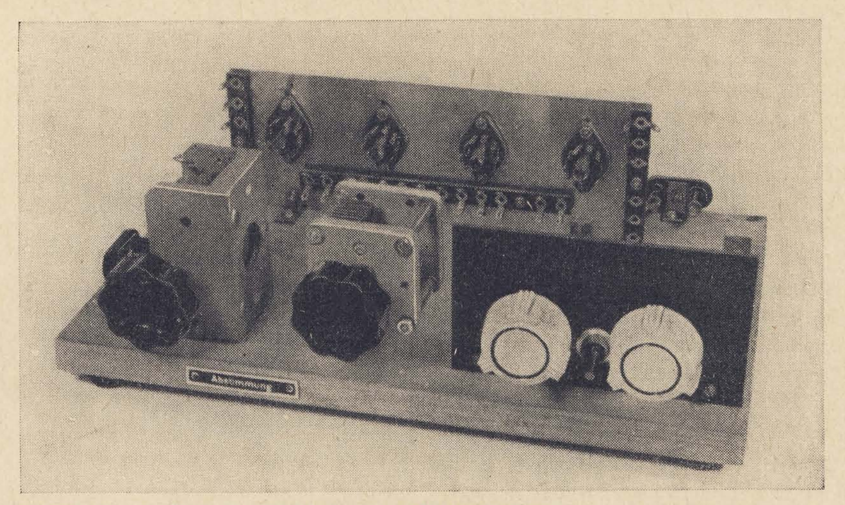


Bild 117. Versuchs-Brettaufbau für Schaltungen mit Elektronenröhren

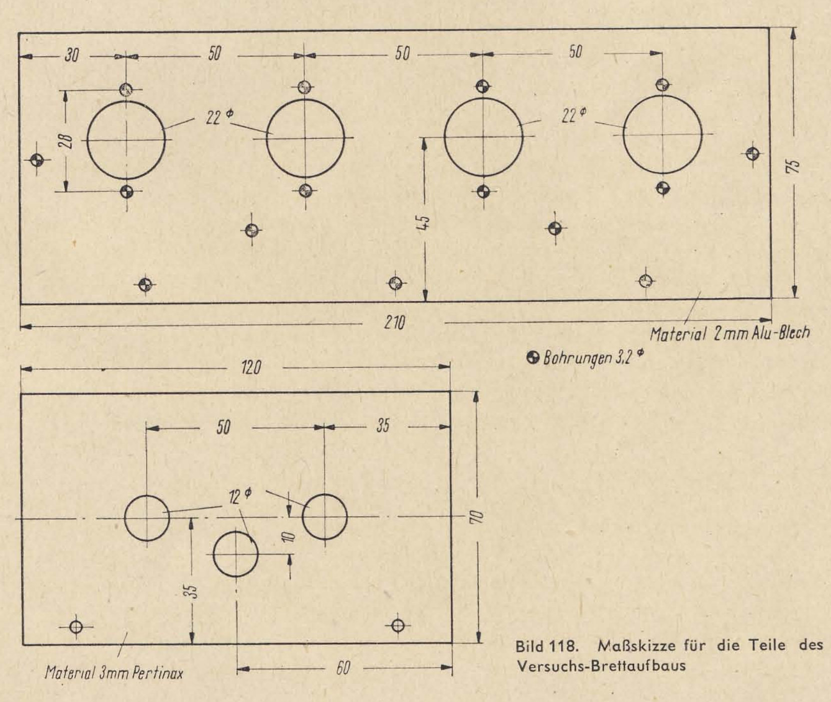


Bild 118. Maßskizze für die Teile des Versuchs-Brettaufbaus

zulernen. Durch die weiteren Überlegungen kommt man zum Schaltungsentwurf. Diesen Schaltungsentwurf muß man dann praktisch aufbauen, damit man die notwendigen Messungen durchführen kann. Durch diese Messungen vergewissert man sich, ob die Schaltung den gestellten Anforderungen entspricht. Dabei werden zahlreiche Änderungen notwendig sein, ehe die endgültige Schaltung vorliegt.
Baute man die Versuchsschaltung gleich auf dem für das Gerät vorgesehenen Chassis auf, so würde man bei auftretenden Änderungen das Chassis, evtl. auch die Frontplatte, verbohren. Das Gerät sähe dadurch unschön aus.
In der Praxis haben sich für solche Aufgaben spezielle Versuchschassis bzw. Versuchs-Brettaufbauten bewährt. Diese sollte man zweckmäßigerweise so aufbauen, daß sie vielseitig verwendet werden können. Da man an der Schaltung oft ändert und auch zahlreiche Messungen durchführt, muß sie leicht zugänglich sein. Das erreicht man ganz einfach durch ein senkrecht stehendes Chassis und zahlreiche Lötösenleisten. Bild 117 zeigt einen solchen Versuchs-Brettaufbau für Schaltungen mit Elektronenröhren, wie ihn der Verfasser für seine praktischen Versuche verwendet. Das Chassis ist vorgesehen für maximal vier Miniaturröhren. Die vorn befindlichen Bauelemente wie Drehkondensatoren, Potentiometer und Schalter werden entsprechend der zu probierenden Schaltung aufgebaut. In dem gezeigten Beispiel dient der Versuchs-Brettaufbau für die Schaltung eines Geradeausempfängers. Über eine Klemmenleiste führt

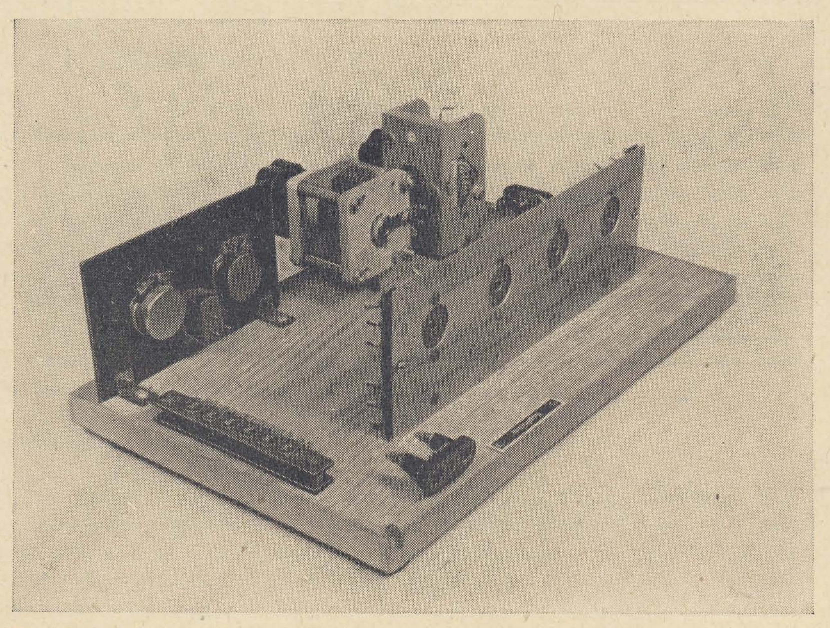


Bild 119. Versuchs-Brettaufbau nach Bild 117, von der anderen Seite gesehen

man die Betriebsspannungen zu. Dafür wird ein komplett aufgebautes Stromversorgungsgerät benutzt, das die benötigten unterschiedlichen Betriebsspannungen liefert. Soll ein ZF-Verstärker ausprobiert werden, so muß man natürlich ein anderes Chassis verwenden, das die entsprechenden Aussparungen für die Bandfilter enthält.
Die vorn befindlichen Bauelemente werden entweder an einem senkrecht stehenden Brett befestigt oder an entsprechenden Winkeln. Die Variationsmöglichkeiten sind sehr zahlreich, so daß eine universelle Anwendung des Versuchs-Brettaufbaus möglich ist. Auf alle Fälle wird eine Menge Zeit, Arbeit und Ärger gespart. Bild 118 gibt die Maße für das Chassis und die Befestigungsplatte an. Die Grundplatte hat die Ausmaße 300 · 200 mm und besteht aus 15 mm starkem Kiefernholz. Bild 119 zeigt den Versuchs-Brettaufbau von der anderen Seite.

4.6 Basteln mit Transistoren

In zunehmendem Maße werden bei transportablen Rundfunkempfängern und anderen derartigen elektronischen Geräten Transistoren hauptsächlich als Verstärker-Bauelemente eingesetzt. Der Verstärkungseffekt von solchen Transistoren basiert auf Gesetzmäßigkeiten in Halbleiter-Materialien, wobei gegenüber den bisher verwendeten Elektronenröhren eine Reihe von Vorteilen auftreten. Dabei sind neben der Kleinheit des Transistors vor allem der Wegfall einer besonderen Heizspannung sowie die wesentlich niedrigere Betriebsspannung zu nennen. Diese liegt bei Empfängerschaltungen zwischen 1,5 und 9V. Die Stromversorgung läßt sich also ganz einfach durch Trockenbatterien lösen.
Da die Anwendung von Transistoren besonders geeignet ist für die Kleinstbauweise, brauchen wir auch andere notwendige Bauelemente in Kleinstausführung, so Widerstände, Kondensatoren, Batterien und Lautsprecher. Widerstände werden deshalb mit einer Belastbarkeit von $^1/_{10}$ W bzw. $^1/_{20}$ W gewählt. Bei den Kondensatoren kommen keramische Ausführungen mit hohen Dielektrizitätskonstanten oder Niedervolt-Elkos kleinster Bauart in Frage. Beim Drehkondensator wird es schon schwieriger, da selbst der Hartpapier-Drehko noch ziemlich groß ist.
Bei Batterien gibt es reichliche Auswahl, angefangen bei der Flachbatterie mit 4,5 V, der Stabbatterie von 3 V, dem IKA-Kleinakku mit 2 V oder der Gnomzelle von 1,5 V.
Als Lautsprecher sind vor allem zwei Typen zu erwähnen: Das ist einmal der „Sternchen"-Lautsprecher mit der Bezeichnung LP 558 vom VEB Elektrogerätebau Leipzig, Durchmesser 65 mm, Einbautiefe 22 mm. Den anderen Lautsprecher stellt der VEB Funkwerk Leipzig her unter der Bezeichnung L 2257 P, Durchmesser 65 mm, Einbautiefe 48 mm.
Da bei Transistorschaltungen kleine Bauteile verwendet werden, genügt für den Aufbau der Schaltung Pertinax von 1 bzw. 2 mm Stärke. In diese Platte werden kleine Löcher (2 mm Durchmesser) gebohrt, durch die man jeweils einen Anschlußdraht eines Bauelementes hindurchsteckt. Dadurch werden auf dieser kleinen Chassisplatte die Bauteile gehalten, auf der Rückseite kann die Verdrahtung erfolgen. Soll die Schaltung dann in einem kleinen Gehäuse untergebracht werden, so empfiehlt sich die Anwendung von Seifendosen oder kleineren Kästchen aus Plaste. Auch aus Sperrholz oder

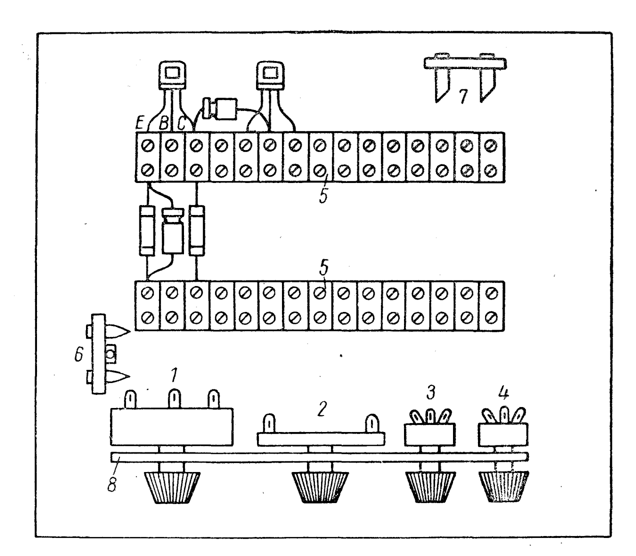


Bild 120. Versuchs-Brettaufbau für Schaltungen mit Transistoren, Drehko (1, 2), Potentiometer (3, 4), Klemmenleisten (5), Buchsen (6, 7), Befestigungsplatte (8)

Vinidur kann man sich kleine Gehäuse anfertigen und durch Lackfarbe oder Folie das Äußere hübsch gestalten.
Beim Basteln mit Transistoren müssen einige Hinweise beachtet werden, will man keine Fehlschläge erleiden. So sind die Transistoren sehr wärmeempfindlich. Deshalb soll man die Anschlußdrähte nicht kürzen. Die Lötung hat sehr kurz mit einem heißen Lötkolben zu erfolgen. Die in dem Anschlußdraht entstehende Wärme ist durch Zufassen mit einer Flachzange von dem Transistor fernzuhalten. Ein Arbeiten des Transistors in der umgekehrten Stromrichtung führt oft zur Zerstörung. Deshalb muß vor Inbetriebnahme einer Transistorschaltung stets auf die Polarität der Batterie geachtet werden. Die Schaltungstechnik der Transistoren unterscheidet sich von der bisher gewohnten bei Elektronenröhren. So erfolgt die Steuerung der Transistoren nicht mehr leistungslos. Eingangs- und Ausgangswiderstände sind niederohmig. Das erfordert z. T. ein Umdenken bei der Verwirklichung der Schaltung. Auch sind die Streuwerte von Transistoren wesentlich größer als bei Röhren. Das führt unter Umständen dazu, daß vorhandene Transistoren bei Anwendung in einer Bauanleitung schlechte Ergebnisse bringen, trotzdem man die gleichen Typen verwendet. Es empfiehlt sich daher, eine Schaltung vor dem Einbau in das Gehäuse auszuprobieren. Eventuelle Änderungen der Widerstandswerte kann man dann besser vornehmen.
Beim Basteln mit Transistoren hat sich eine Brettschaltung bewährt, wie sie in Bild 120 wiedergegeben ist. Auf einer 15 mm starken Kiefernholzplatte mit den Abmessungen 200 · 300 mm werden zwei große Klemmenleisten (12- oder 15polig) befestigt sowie eine senkrecht stehende Pertinaxplatte zur Befestigung der Drehkondensatoren und Potentiometer und zwei Doppelbuchsen. Eine Versuchsschaltung mit Transistoren kann nun durch einfache Schraubverbindungen hergestellt werden, wie sie als Muster

Bild 120 zeigt. Lötverbindungen sind nur noch wenige notwendig, wenn an die Drehkondensatoren, Potentiometer und Doppelbuchsen Litzendrähte angelötet werden. Durch ein solches Experimentierbrett spart man eine Menge Zeit und Arbeit, außerdem kann man nach Herzenslust probieren und studieren.

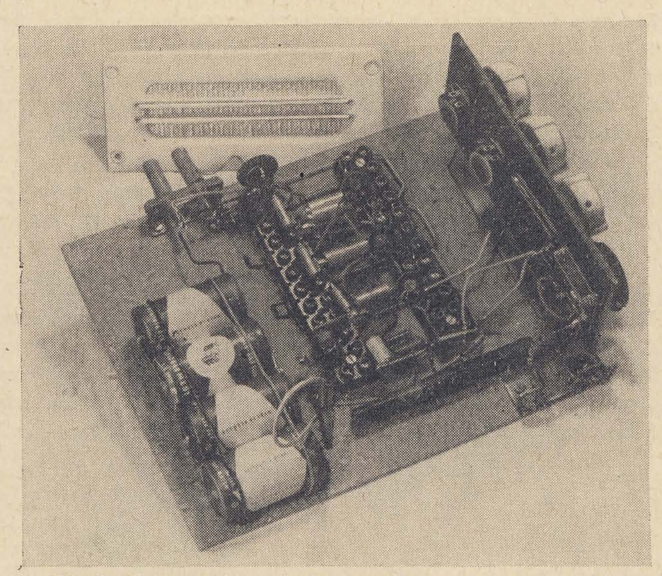


Bild 121. Praktische Ausführung des Transistor-Versuchsbrettes mit einer Audionschaltung und dreistufigem NF-Verstärker

Der Vorteil einer solchen Brettschaltung ist vor allem darin zu sehen, daß durch einfaches Auswechseln der Widerstände und Kondensatoren die Schaltung eines Gerätes optimal bemessen werden kann. Bekanntlich weisen die gelieferten Transistoren große Streuwerte auf, so daß die in Bauanleitungen angegebenen Größen, vor allem die der Widerstände, nur Anhaltswerte sind. Durch Probieren mit größeren oder kleineren Werten kann man oft die Leistung der Schaltung verbessern.

Für die Stromversorgung einer Versuchsschaltung eignen sich drei Stabbatterien zu 3 V in Reihenschaltung. Man hat damit die Spannungen 3 V, 6 V und 9 V zur Verfügung. Es können aber auch zwei Flachbatterien zu 4,5 V in Reihenschaltung verwendet werden (4,5 V und 9 V).

Durch die Umstellung der Transistorfertigung auf die runde Bauform entfällt auch die bisherige Farbkennzeichnung der Stromverstärkung. Die Kennzeichnung dieses Wertes erfolgt jetzt durch eine bestimmte Anzahl von Punkten. Es gilt dabei folgende Tabelle:

Punktanzahl	Stromverstärkungsfaktor
ein Punkt	20 bis 32
zwei Punkte	32 bis 50
drei Punkte	50 bis 80
vier Punkte	größer als 80

Die neue Bauform der NF-Transistoren besitzt eine maximale Verlustleistung von 150 mW ohne Verwendung einer Kühlschelle. Es entfallen alle Typen der bisherigen ovalen Bauform. Die Kenndaten der neuen Typenreihe sind allerdings so gehalten, daß die bisherigen Transistoren vollwertig ersetzt werden können. Aus der nachfolgenden Tabelle ersieht man die Austauschbarkeit der Transistoren:

Neue Bauform	Typenersatz für
OC 824	OC 810, OC 815, OC 820
OC 825	OC 811, OC 816, OC 821
OC 826	OC 812, OC 817
OC 827	OC 814, OC 818

Für den Transistor OC 813 wird der Transistor OC 870 als Äquivalenttype angeboten. Bild 122 zeigt einen einfachen Diodenempfänger mit einer Transistorstufe, der in eine kleine Taschenlampe eingebaut wurde. Unterhalb der Spule (links oben) liegt die Demodulatordiode, rechts davon der Transistor. Mit einer Klemmfeder ist auf der Rückseite ein einzelnes Element einer alten Kofferanodenbatterie zur Stromversorgung

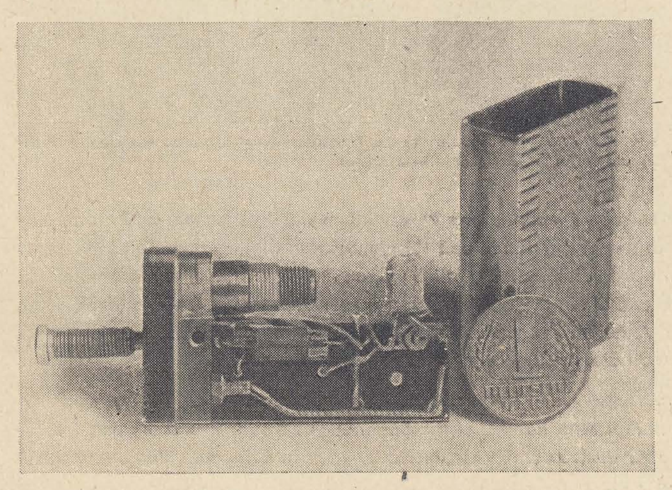


Bild 122. Einfacher Transistor-Empfänger, in eine Taschenlampe eingebaut

befestigt. Links an der Telefonbuchse wird die Außenantenne befestigt. Zum Größenvergleich dient das vor dem Gehäuse liegende Markstück.

Als Beispiel für Verdrahtung einer Transistorschaltung zeigt Bild 123 den Verdrah-

tungsplan für den einfachen Diodenempfänger mit einer Transistor-Verstärkerstufe. Die Schaltung (Bild 290) findet man in Teil III dieses Buches in Abschnitt 2.2. Der Verdrahtungsplan zeigt die Drahtverbindungen, die zur Realisierung der Schaltung

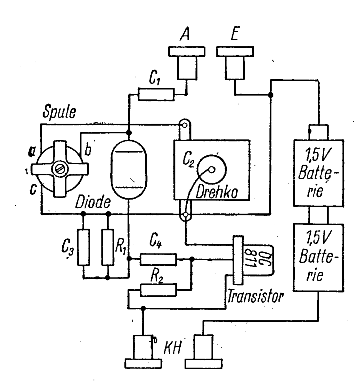


Bild 123. Verdrahtungsplan eines einfachen Transistor-Empfängers (Schaltung siehe Bild 290)

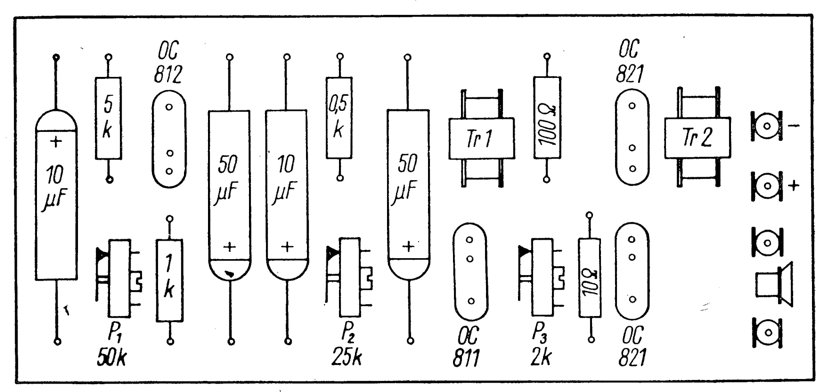


Bild 124a. Aufbaubeispiel für einen Transistor-Verstärker mit Gegentakt-Endstufe (Schaltung sieheBild 288)

ausgeführt werden müssen. Die Bezeichnungen des Verdrahtungsplanes stimmen mit denen des Schaltbildes (siehe dort) überein, so daß man beide vergleichen kann.

Wie einfach Transistorschaltungen auf einer 1 bis 2 mm starken Pertinaxplatte ausgeführt werden können, ist aus Bild 124 ersichtlich. Es zeigt das Aufbaubeispiel für einen NF-Verstärker mit einer Gegentakt-Endstufe. Die zugehörige Schaltung bringt Bild 228 in Abschnitt 1.6, Teil III. Auf der etwa 40 · 120 mm großen Pertinaxplatte werden die einzelnen elektrischen Bauelemente entsprechend Bild 124 aufgebaut. Die Anschlüsse der Bauelemente führt man durch entsprechende Bohrungen. Die Ver-

drahtung des NF-Verstärkers erfolgt dann auf der Rückseite der Pertinaxplatte. Die Batterie und der Lautsprecher werden an den auf der rechten Plattenseite befindlichen Lötösen angeschlossen.

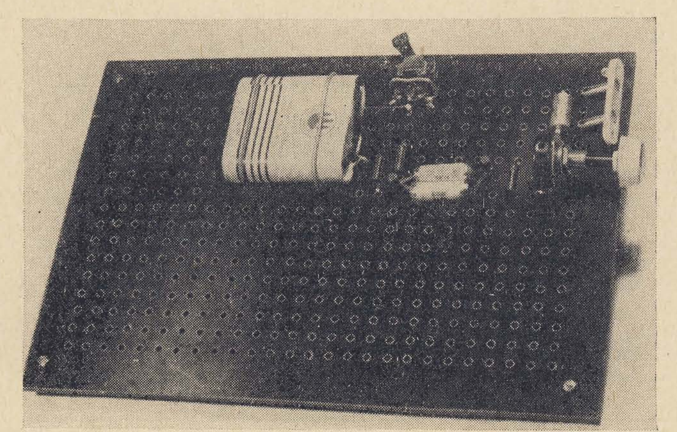


Bild 124 b. Transistor-Versuchsbrett mit Lochraster (10 mm Lochabstand, 3 mm Lochdurchmesser). Die Verdrahtung erfolgt unter dem Versuchsbrett. Aufgebaut ist ein Transistor-Multivibrator

Bauanleitungen und Schaltungen mit Transistoren in Teil III dieses Buches.

5. BERECHNUNGEN, DIE MAN SELBST DURCHFÜHRT

5.1 Schwingungskreise

Die Abstimmung eines Empfängers oder Senders auf eine bestimmte Frequenz erfolgt mit Hilfe von Schwingungskreisen. Ein Schwingungskreis besteht aus der Parallelschaltung einer Spule L und eines Kondensators C (Bild 125).

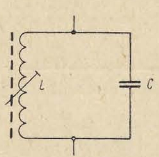


Bild 125. Schaltbild für einen Parallelschwingkreis

Will man den Schwingungskreis in seiner Resonanzfrequenz f veränderbar haben, so muß eine der beiden Größen variabel sein. Läßt sich mit Hilfe eines verschiebbaren HF-Eisenkernes die Induktivität der Spule L verändern, so spricht man von einer Induktivitätsabstimmung. Weitaus gebräuchlicher ist allerdings die Kapazitätsabstimmung durch Anwendung eines Drehkondensators. Drehkondensatoren sind in verschiedenen Ausführungsformen im Handel erhältlich. Will man keinen fertig beschalteten Spulensatz kaufen, so müssen die für einen bestimmten Frequenzbereich erforderlichen Daten der HF-Spulen errechnet werden.

Die Resonanzfrequenz f eines Schwingungskreises wird mit Hilfe der Thomsonschen Formel berechnet:

$$f_{(Hz)} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L_{(H)} \cdot C_{(F)}}}. \qquad (1)$$

Da diese Einheiten für den praktischen Gebrauch zu groß sind, gelten folgende, entsprechend zugeschnittene Größengleichungen:

$$f_{(kHz)} = \frac{5030}{\sqrt{L_{(mH)} \cdot C_{(pF)}}}, \qquad (2)$$

$$f_{(kHz)} = \frac{159\,200}{\sqrt{L_{(\mu H)} \cdot C_{(pF)}}}, \qquad (3)$$

$$f_{(MHz)} = \frac{5{,}03}{\sqrt{L_{(mH} \cdot C_{(pF)}}}, \qquad (4)$$

$$f_{(MHz)} = \frac{159{,}2}{\sqrt{L_{(\mu H)} \cdot C_{(pF)}}}. \qquad (5)$$

Wird nach der Größe der Induktivität L einer Spule für eine bestimmte Resonanzfrequenz f bei einer vorhandenen Kapazität C gefragt, so ergeben sich folgende Formeln:

$$L_{(mH)} = \frac{253 \cdot 10^5}{f^2_{(kHz)} \cdot C_{(pF)}}, \qquad (6)$$

$$L_{(mH)} = \frac{25{,}3}{f^2_{(MHz)} \cdot C_{(pF)}}, \qquad (7)$$

$$L_{(\mu H)} = \frac{253 \cdot 10^8}{f^2_{(kHz)} \cdot C_{(pF)}}, \qquad (8)$$

$$L_{(\mu H)} = \frac{25\,300}{f^2_{(MHz)} \cdot C_{(pF)}}. \qquad (9)$$

Soll die Größe der Kapazität C für eine bestimmte Resonanzfrequenz f bei einer vorhandenen Induktivität L berechnet werden, so benutzt man folgende Formeln:

$$C_{(pF)} = \frac{253 \cdot 10^5}{f^2_{(kHz)} \cdot L_{(mH)}}, \qquad (10)$$

$$C_{(pF)} = \frac{25{,}3}{f^2_{(MHz)} \cdot L_{(mH)}}, \qquad (11)$$

$$C_{(pF)} = \frac{253 \cdot 10^8}{f^2_{(kHz)} \cdot L_{(\mu H)}}, \qquad (12)$$

$$C_{(pF)} = \frac{25\,300}{f^2_{(MHz)} \cdot L_{(\mu H)}}. \qquad (13)$$

Einige Beispiele sollen die Anwendung dieser Formeln erläutern.

Beispiel: Welche Resonanzfrequenz f besitzt ein Schwingungskreis mit den Werten $L = 2$ mH und $C = 500$ pF?

Mit Hilfe von Formel (2) erhält man

$$f_{(kHz)} = \frac{5030}{\sqrt{2 \cdot 500}} = \frac{5030}{\sqrt{1000}} = \frac{5030}{31{,}6} \approx \underline{\underline{159 \text{ kHz.}}}$$

Beispiel:

Welche Resonanzfrequenz f besitzt ein Schwingungskreis mit den Werten L = 4 μH und C = 40 pF?

Mit Hilfe von Formel (5) erhält man

$$f_{(MHz)} = \frac{159{,}2}{\sqrt{4 \cdot 40}} = \frac{159{,}2}{\sqrt{160}} = \frac{159{,}2}{12{,}6} \approx \underline{\underline{12{,}6 \text{ MHz.}}}$$

Beispiel:

Mit einer Kapazität von C = 300 pF soll ein Schwingungskreis mit der Resonanzfrequenz von f = 800 kHz aufgebaut werden. Wie groß muß die Induktivität der Spule sein?

Mit Hilfe von Formel (6) erhält man

$$L_{(mH)} = \frac{253 \cdot 10^5}{800^2 \cdot 300} = \frac{253 \cdot 10^5}{64 \cdot 10^4 \cdot 30 \cdot 10^1} = \frac{253}{64 \cdot 30} = \frac{253}{1920} \approx 0{,}132 \text{ mH.}$$

Beispiel:

Mit einer Kapazität von C = 20 pF soll ein Schwingungskreis mit der Resonanzfrequenz von f = 28 MHz aufgebaut werden. Wie groß muß die Induktivität L der Spule sein?

Mit Hilfe von Formel (9) erhält man

$$L_{(\mu H)} = \frac{25\,300}{28^2 \cdot 20} = \frac{25\,300}{784 \cdot 20} = \frac{2530}{784 \cdot 2} = \frac{2530}{1568} \approx 1{,}61 \,\mu\text{H.}$$

Beispiel:

Mit einer Induktivität von L = 0,2 mH soll ein Schwingungskreis mit der Resonanzfrequenz von f = 500 kHz aufgebaut werden. Wie groß muß die Kapazität C des Kondensators sein?

Mit Hilfe von Formel (10) erhält man

$$C_{(pF)} = \frac{253 \cdot 10^5}{500^2 \cdot 0{,}2} = \frac{253 \cdot 10^5}{25 \cdot 10^4 \cdot 0{,}2} = \frac{2530}{25 \cdot 0{,}2} = \frac{2530}{5} = 506 \text{ pF.}$$

Beispiel:

Mit einer Induktivität von L = 20 μH soll ein Schwingungskreis mit der Resonanzfrequenz von f = 3,5 MHz aufgebaut werden. Wie groß muß die Kapazität C des Kondensators sein?

Mit Hilfe von Formel (13) erhält man

$$C_{(pF)} = \frac{25\,300}{3{,}5^2 \cdot 20} = \frac{25\,300}{12{,}25 \cdot 20} = \frac{2530}{12{,}25 \cdot 2} = \frac{2530}{24{,}5} = 103 \text{ pF.}$$

Wenn man den Abstimmbereich eines Empfängers oder eines anderen Gerätes berechnen will, muß man die Anfangs- und die Endkapazität des verwendeten Dreh-

kondensators kennen. Bei einem Drehkondensator C_D bezeichnet man die Anfangskapazität mit C_a und die Endkapazität mit C_e. Die Änderung der Drehkondensatorkapazität erfolgt also zwischen C_a und C_e. Diese Kapazitätsänderung des Drehkondensators bezeichnet man mit ΔC und bestimmt sie aus folgender Gleichung:

$$\Delta C = C_e - C_a.$$

Da Kapazität und Frequenz durch die Thomsonsche Schwingungsgleichung miteinander verbunden sind, ist es einleuchtend, daß man mit einer bestimmten Kapazitätsvariation eine bestimmte Frequenzvariation erzielen kann. Die Kapazitätsvariation V_c erhält man zu

$$V_c = \frac{C_e}{C_a}.$$

Für die Berechnungen bei Schwingungskreisen muß man aber berücksichtigen, daß dem Drehkondensator noch weitere Kapazitäten parallelliegen. Das sind z. B. die Schaltkapazität, die Wicklungskapazität der Spule, die Röhren-Eingangskapazität, ein Paralleltrimmer und eventuell eine parallelliegende Festkapazität. Diese Kapazitätswerte müssen zur Kapazität des Drehkondensators addiert werden. Für die Gesamtschaltung des Schwingungskreises erhält man dann eine Kapazitätsvariation von

$$V_c' = \frac{C_e + C_p + C_z}{C_a + C_p + C_z}.$$

Ein Abstimmbereich wird von einer unteren Frequenzgrenze f_u bis zu einer oberen Frequenzgrenze f_o abgestimmt. Dabei ist die Frequenzvariation

$$V = \frac{f_o}{f_u}.$$

Für eine vorhandene Kapazitätsvariation eines Schwingungskreises erhält man

$$V_c' = V^2 = \left(\frac{f_o}{f_u}\right)^2$$

$$\text{oder } \frac{f_o}{f_u} = V = \sqrt{V_c'} = \sqrt{\frac{C_e}{C_a}}.$$

Beispiel:

Eine Schwingkreisschaltung besitzt eine Kapazitätsvariation von $V_c' = 9$. Welche Frequenzvariation ist in dieser Schaltung möglich?

$$V = \sqrt{V_c'} = \sqrt{9} = \underline{\underline{3.}}$$

Es kann also ein Frequenzbereich in einem Verhältnis von 1:3 abgestimmt werden. Für die interessierenden Frequenzbereiche bei Rundfunkempfängern seien folgende Angaben gemacht:

		V	V^2
Langwelle	150 bis 415 kHz	2,77	7,67
Mittelwelle	510 bis 1620 kHz	3,17	10,05
Kurzwelle	6 bis 20 MHz	3,33	11,09

Zur weiteren Berechnung seien von drei Drehkondensatoren des VEB Fernmeldewerk Arnstadt die Werte angegeben:

Drehkondensator Typ 102

$$C_a = 9\ pF \qquad C_e = 527\ pF \qquad \Delta C = 518\ pF$$

Kleindrehkondensator

$$C_a = 15\ pF \qquad C_e = 545\ pF \qquad \Delta C = 530\ pF$$

„Sternchen"-Drehkondensator Typ 105

a) Vorkreis (ANT)

$$C_a = 10\ pF \qquad C_e = 200\ pF \qquad \Delta C = 190\ pF$$

b) Oszillatorkreis (OSZ)

$$C_a = 10\ pF \qquad C_e = 90\ pF \qquad \Delta C = 80\ pF$$

Die Kapazitätsänderung der angebauten Trimmer beträgt $\Delta C = 8$ pF.

Merken muß man sich, daß die gegebene Kapazitätsvariation einer Schwingkreisschaltung die maximal erreichbare Frequenzvariation bestimmt. Kleinere Frequenzvariationen, z. B. Bandspreizschaltungen, lassen sich jederzeit durch die elektrische Verkürzung der Schwingkreiskapazitäten erreichen.

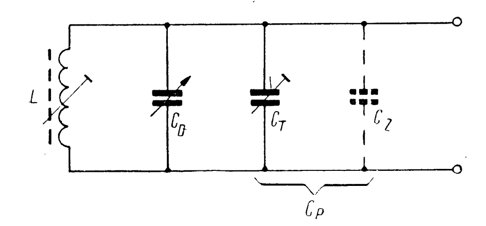


Bild 126. Schaltung eines Schwingungskreises, wie er z. B. für Empfänger benutzt wird

Bild 126 zeigt die Schaltung eines Schwingungskreises, wie er z. B. bei Rundfunkempfängern benutzt wird. Mit L bezeichnet man die Schwingkreisspule. C_D ist der Drehkondensator, mit dem man die Abstimmung vornimmt, C_p ist der Paralleltrimmer, der zum Abgleich der Schaltung dient. In C_z sind die zusätzlichen Kapazitäten zusammengefaßt. C_p und C_z bilden die im Schwingungskreis vorhandenen Kapazitäten, die durch diese Parallelschaltung zum Drehkondensator dessen Kapazitätsvariation einengen, wir bezeichnen sie mit C_p. Ein Schwingungskreis soll den Frequenzbereich von f_u bis f_o abstimmen, dann ist die Frequenzvariation

$$V = \frac{f_o}{f_u};$$

f_u = unter Frequenzgrenze in MHz, f_o = obere Frequenzgrenze in MHz.

Die Induktivität der Schwingkreisspule ist daher in μH

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4 (V^2 - 1)}{(C_e - C_a) \cdot f_o^2}\ (\mu H);$$

C_e = Endkapazität des verwendeten Drehkondensators in pF, C_a = Anfangskapazität des verwendeten Drehkondensators in pF.

Die dem Drehkondensator C_D parallelliegende Kapazität C_p muß also den Wert haben

$$C_p = \frac{C_e - V^2 \cdot C_a}{V^2 - 1} \text{ (pF)}.$$

Welche Werte treten auf für die Zusatzkapazitäten?

$$C_z = C_L + C_s + C_{eing};$$

C_L = Windungskapazität der Spule, etwa 3 bis 25 pF, C_s = Schaltungskapazität, etwa 5 bis 20 pF, C_{eing} = Röhreneingangskapazität laut Röhrentabelle, z. B. für die Röhre ECH 81 ist sie 4,9 pF.

Da die genauen Werte von C_L und C_s meist nicht bekannt sind, nimmt man ungefähre Werte an. Beim Abgleich kann man mit dem Trimmer den Wert ausgleichen. Der Trimmer muß in Mittelstellung seines Rotors die folgende Kapazität besitzen:

$$C_T = C_p - C_z.$$

Für Empfangsschaltungen verwendet man meist den Hescho-Trimmer Ko 2496, der zwischen 4,5 pF und 18 pF, oder den Hescho-Trimmer Ko 2497, der zwischen 5 pF und 27 pF einstellbar ist. Die Mittelstellung des Trimmers Ko 2496 liegt bei etwa 11 pF, die des Trimmers Ko 2497 bei etwa 16 pF. Reichen die Trimmerkapazität und die zusätzlichen Kapazitäten für die erforderliche Parallelkapazität C_p des Schwingungskreises nicht aus, so muß noch ein Festkondensator parallelgeschaltet werden.

Beispiel:

Mit einem Drehkondensator Typ 102 des VEB Fernmeldewerk Arnstadt soll der Mittelwellenbereich abgestimmt werden. Wie groß ist die Induktivität der Schwingkreisspule, und welche Größe hat die erforderliche Parallelkapazität des Schwingungskreises?

$$C_a = 9 \text{ pF}, C_e = 527 \text{ pF}, f_u = 0{,}510 \text{ MHz}, f_o = 1{,}620 \text{ MHz};$$

gewählte Größen: C_L = 12,5 pF, C_s = 10 pF. Da der Schwingungskreis am Steuergitter der Röhre EF 80 liegen soll, ist C_{eing} = 7,5 pF.

$$V = \frac{1{,}620}{0{,}510} = 3{,}17;\; V^2 = 3{,}17^2 = 10{,}05;$$

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4\,(10{,}05 - 1)}{(527 - 9) \cdot 1{,}62^2} = \frac{22{,}8 \cdot 10^4}{518 \cdot 2{,}63} = \frac{22{,}8 \cdot 10^4}{1360}$$

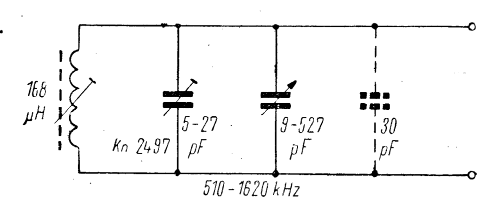
$$L = \frac{228}{1{,}36} = 168\,\mu\text{H};$$

$$C_p = \frac{527 - 10{,}05 \cdot 9}{10{,}05 - 1} = \frac{527 - 90{,}45}{9{,}05} = \frac{436{,}55}{9{,}05} = 48{,}5 \text{ pF};$$

$$C_z = 12{,}5 + 10 + 7{,}5 = 30 \text{ pF};$$

$$C_T = C_p - C_z = 48{,}5 - 30 = 18{,}5 \text{ pF}.$$

Bild 127. So sieht der berechnete Schwingungskreis für den MW-Bereich aus



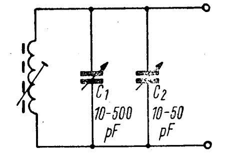
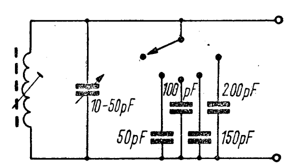


Bild 128 (links). Bandspreizschaltung mit getrennten Drehkondensatoren, (C 1 = Bandsetzkondensator, C 2 = Bandabstimmkondensator)

Bild 129 (rechts). Bandspreizschaltung mit umschaltbaren Bandsetzkondensatoren



Es kann also der Hescho-Trimmer Ko 2497 benutzt werden. Bild 127 zeigt die Schaltung des berechneten Schwingungskreises.

Im Kurzwellenbereich wendet man oft Schwingungskreise mit Bandspreizung an, da nur der Empfang bestimmter Frequenzbereiche interessiert. Das können die einzelnen Rundfunkbänder sein in den Bereichen des 49-, 41-, 31-, 25-, 19-, 16- oder 13-m-Bandes. Den Funkamateur interessieren meist nur die Amateurfunkbereiche im Kurzwellengebiet

80-m-Band	von	3,500	bis	3,800	MHz
40-m-Band	von	7,000	bis	7,100	MHz
20-m-Band	von	14,000	bis	14,350	MHz
15-m-Band	von	21,000	bis	21,450	MHz
10-m-Band	von	28,000	bis	29,700	MHz

Eine Feinabstimmung bzw. Bandspreizung läßt sich im KW-Bereich sehr einfach mit zwei verschiedenen Drehkondensatoren verwirklichen. Bild 128 zeigt die Schaltung eines Abstimmkreises mit den beiden Drehkondensatoren C 1 und C 2. Der Drehkondensator C 1 (etwa 10 bis 500 pF) ist der sogenannte „Bandsetzer-Drehkondensator", der Drehkondensator C 2 (etwa 10 bis 50 pF) der „Bandabstimm-Drehkondensator". Beide Drehkondensatoren werden getrennt abgestimmt. Mit dem Bandsetzer-Drehkondensator stellt man die Anfangsfrequenz des interessierenden KW-Bandes ein. Das KW-Band wird dann mit dem Bandabstimm-Drehkondensator abgestimmt. Eine andere Methode zeigt Bild 129, bei dem der Bandsetzer-Drehkondensator durch einen Umschalter ersetzt ist. Dieser Umschalter legt verschieden große Kapazitäten parallel zum Bandabstimm-Drehkondensator.

Interessiert nur der Empfang schmaler KW-Bereiche, z. B. bei Amateur-KW-Empfängern, so wird der Schwingungskreis nur für diesen schmalen Empfangsbereich ausgelegt, um eine weitestgehende Bandspreizung zu erreichen. Der verwendete Drehkondensator muß dann durch Serien- und Parallelkapazitäten elektrisch verkürzt werden. Da die Berechnung von Bandspreizschaltungen nicht einfach ist, wollen wir

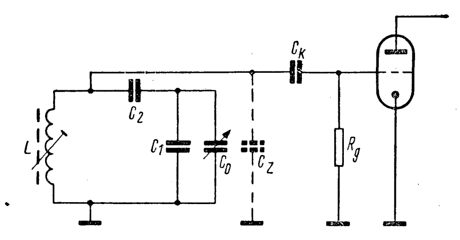


Bild 130. Schaltung eines Schwingungskreises mit elektrisch durchgeführter Bandspreizung

hier nur einige Faustformeln angeben. Beim Feinabgleich des gebauten Empfängers kann man dann die errechneten Werte korrigieren. Bild 130 zeigt die Schaltung für einen Schwingungskreis mit Bandspreizung. Der Abstimm-Drehkondensator mit dem parallelliegenden Kondensator C 1 wird durch den in Reihe dazu geschalteten Kondensator C 2 elektrisch verkürzt.

Als erstes interessiert wieder die Frequenzvariation, für die der Schwingungskreis ausgelegt werden soll.

$$V = \frac{f_o}{f_u};$$

f_u = untere Frequenzgrenze in MHz, f_o = obere Frequenzgrenze in MHz.

Als nächster Wert muß festgelegt werden, welche minimale Kapazität der Schwingungskreis nach der Verkürzung des Drehkondensators aufweisen muß. Diese minimale Kreiskapazität C_o liegt im KW-Gebiet erfahrungsgemäß zwischen 50 und 200 pF. ΔC ist wieder die Kapazitätsänderung des verwendeten Drehkondensators

$$\Delta C = C_e - C_a;$$

C_e = Endkapazität des Drehkondensators in pF, C_a = Anfangskapazität des Drehkondensators in pF.

Vergessen werden dürfen auch nicht die zusätzlichen Kapazitäten

$$C_z = C_L + C_s + C_{eing}\,.$$

Da die Formel für die Berechnung des Kondensators C 1 sehr umfangreich ist, wird erst eine Hilfsgröße H berechnet.

$$H = \frac{\Delta C\,(V^2\,C_o - C_z)\,(C_o - C_z)}{C_o\,(V^2 - 1)}\,.$$

Dann ist

$$C_1 = \sqrt{\frac{\Delta C^2}{4} + H} - \frac{\Delta C}{2} \quad \text{und}$$

$$C_2 = \frac{(C_o - C_z) \cdot C_1}{C_1 - (C_o - C_z)};$$

alle Werte in pF.

Die Induktivität der Spule erhält man zu

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{f_o \cdot C_o}\,(\mu H);$$

f_o in MHz und C_o in pF.

Beispiel:

Es soll ein Schwingungskreis berechnet werden, der den Bereich von $f_u = 3{,}5$ MHz bis $f_o = 3{,}8$ MHz erfaßt. Der verwendete Drehkondensator besitzt die Werte $C_a = 10$ pF und $C_e = 200$ pF. Die minimale Kreiskapazität nehmen wir mit $C_o = 100$ pF an. Die benutzte Röhre EF 89 hat eine Eingangskapazität von $C_{eing} = 5{,}5$ pF. Die Schaltungskapazität wird mit $C_s = 10$ pF, die Kapazität der Spulenwindungen mit $C_L = 4{,}5$ pF angenommen.

$$V = \frac{3{,}8}{3{,}5} = 1{,}08; \qquad V^2 = 1{,}08^2 = 1{,}17;$$

$$\Delta C = 200 - 10 = 190 \text{ pF};$$

$$C_z = 4{,}5 + 10 + 5{,}5 = 20 \text{ pF};$$

$$H = \frac{190\,(1{,}17 \cdot 100 - 20)\,(100 - 20)}{100\,(1{,}17 - 1)} = \frac{190 \cdot 97 \cdot 80}{17} = 86\,700;$$

$$C_1 = \sqrt{\frac{190^2}{4} + 86\,700} - 95 = \sqrt{95\,725} - 95 \approx 214 \text{ pF};$$

$$C_2 = \frac{(100 - 20)\,214}{214 - (100 - 20)} = \frac{80 \cdot 214}{134} = 128 \text{ pF};$$

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{3{,}8^2 \cdot 100} = \frac{253}{14{,}4} = 17{,}5\,\mu\text{H}.$$

Um die Werte von C 1 und C 2 beim Feinabgleich genau einzustellen, kann man jeweils einen Festkondensator mit parallelgeschaltetem Trimmer-Kondensator verwenden. Bild 131 zeigt die berechnete Schaltung.

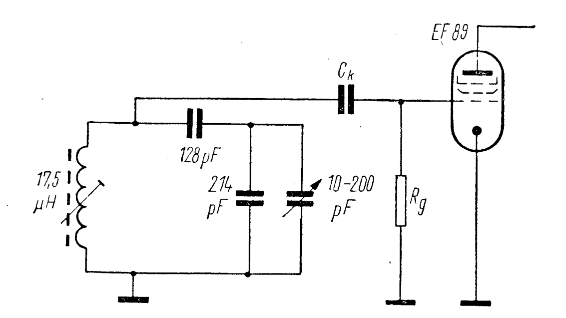


Bild 131. So sieht der Schwingungskreis für das 80-m-Amateur-KW-Band aus

Antennenspulen, Rückkopplungsspulen und Ankopplungsspulen werden nicht berechnet, da die Zahl der Einflüsse zu groß ist. Man verwendet hierbei für die Festlegung der Windungszahlen Näherungswerte, die durch praktische Erfahrungen gewonnen wurden.

Antennenspulen:

für lose Ankopplung	20 bis 40%	der Windungszahl
für feste Ankopplung	40 bis 60%	der Schwingkreisspule

Rückkopplungsspulen:		
getrennte Wicklung	30 bis 100%	je nach Steilheit der Röhre und nach der Frequenz
Anzapfung vom unteren Ende (z. B. ECO)	20 bis 40%	
Ankopplungsspulen:		
z. B. HF-Röhre an Mischröhren Eingangskreis	40 bis 60%	der Windungszahl der Schwingkreisspule

5.2 Hochfrequenzspulen

Ist die Größe der Induktivität L bestimmt, so muß noch die Windungszahl w errechnet werden, die ein gewählter HF-Eisenkern erhalten muß, damit eine Spule mit der errechneten Induktivität L entsteht. Wird zum Aufbau der Spule ein HF-Eisenkern verwendet, so gehen die Form des HF-Eisenkerns und die Eigenschaften des HF-Eisens in die Rechnung ein. Um einfache Verhältnisse zu schaffen, werden Form und Eigenschaften des HF-Eisenkernes in der sogenannten Kernkonstante K_1 zusammengefaßt. Die Kernkonstante K_1, auch als Kernfaktor bezeichnet, wird für verschiedene HF-Eisenkerne in der folgenden Tafel angegeben.

Tafel: Kernkonstante für verschiedene HF-Eisenkerne

Kernform	Kernfaktoren K_1	K_2
Siemens-Haspelkern	154	4,81
Siemens-H-Kern	136	4,30
Siemens-Rollenkern	146	4,62
Allei-Einheitsspule	161	5,10
MV 311	164	5,20
Dralowid-Würfelspule	177	5,60
Draloperm-Topfkern	136	4,30
Görler F 201	167	5,30
Görler F 202	152	4,80
Görler F 272	170	5,40

Die Formel für die Berechnung der Windungszahl lautet dann

$$(1) \qquad w = K_1 \sqrt{L_{(mH)}} \quad \text{oder} \quad w = K_2 \sqrt{L_{(\mu H)}} \,. \qquad (2)$$

Während Formel (1) für Induktivitätsangaben in mH verwendet wird, rechnet man mit Formel (2) bei Induktivitätsangaben in μH.

Zwischen den beiden Kernfaktoren K_1 und K_2 besteht folgende Beziehung

$$K_1 = K_2 \cdot \sqrt{10^3} = K_2 \sqrt{1000} \,.$$

In vielen Fällen wird in den Informationsblättern der Industrie für HF-Eisenkerne die Induktivitätskonstante A_L angegeben. Das ist die Induktivität einer Windung, die auf

dem entsprechenden Kern aufgebracht wird. Zur Berechnung der Windungszahl gilt dann die Formel

$$w = \sqrt{\frac{L_{[\mu H]}}{A_{L[\mu H]}}}. \qquad (3)$$

Die Beziehung zwischen Kernfaktor und Induktivitätskonstante lautet

$$A_L = \frac{1}{K_2^2}.$$

Beispiel:

Mit einem Siemens-Haspelkern, dessen Kernfaktor $K_1 = 154$ beträgt, soll eine Induktivität von $L = 0{,}2$ mH verwirklicht werden. Wieviel Windungen müssen auf den Spulenkörper aufgebracht werden?

Mit Hilfe von Formel (1) erhält man

$$w = 154\sqrt{0{,}2} = 154 \cdot 0{,}446 \approx \underline{\underline{69 \text{ Wdg.}}}$$

Beispiel:

Mit einem HF-Eisenkern Görler F 202, dessen Kernfaktor $K_2 = 4{,}8$ beträgt, soll eine Induktivität von $L = 40\,\mu$H verwirklicht werden. Wieviel Windungen müssen auf den Spulenkörper aufgebracht werden?

Mit Hilfe von Formel (2) erhält man

$$w = 4{,}8\sqrt{40} = 4{,}8 \cdot 6{,}3 \approx \underline{\underline{30 \text{ Wdg.}}}$$

Beispiel:

Für einen HF-Eisenkern wird eine Induktivitätskonstante von $A_L = 39 \cdot 10^{-3}\,\mu$H angegeben. Wieviel Windungen muß die Spule bei einer Induktivität von $L = 80\,\mu$H enthalten?

Mit Hilfe von Formel (3) berechnet man

$$w = \sqrt{\frac{80}{39 \cdot 10^{-3}}} = \sqrt{\frac{80 \cdot 10^3}{39}} = \sqrt{2050} \approx \underline{\underline{45 \text{ Wdg.}}}$$

Will man einen HF-Eisenkern für den Bau einer Spule verwenden, von dem weder der Kernfaktor K_1 bzw. K_2 noch die Induktivitätskonstante A_L bekannt ist, so kann man diese Werte wie folgt feststellen.

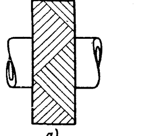
Man wickelt auf die Spule 100 Windungen und mißt mit einem Induktivitätsmeßgerät (L-Messer) die Induktivität der HF-Spule. Aus folgenden Formeln kann man dann die benötigten Werte errechnen.

$$K_1 = \frac{100}{\sqrt{L_{(mH)}}}; \qquad A_L \cdot 10^{-3} = \frac{L_{(\mu H)}}{10}; \qquad K_2 = \frac{100}{\sqrt{L_{(\mu H)}}}.$$

Im Kurzwellen- und UKW-Bereich werden vorwiegend einlagige Zylinderspulen (Bild 132) auf keramischem Spulenträger benutzt. Für die Berechnung derartiger Spulen kann man folgende Formel anwenden:

$$L_{(\mu H)} = \frac{D^2 \cdot w^2}{100\,l + 45\,D}\,; \qquad (4)$$

D = Spulendurchmesser in cm, l = Wicklungslänge in cm, w = Anzahl der Windungen.



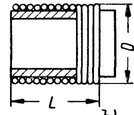


Bild 132. Wicklungsausführung von HF-Spulen, (a) Kreuzwickelspule, (b) einlagige Zylinderspule

Beispiel:

Welche Induktivität besitzt eine Spule mit 40 Windungen, wenn Spulendurchmesser 35 mm und Spulenlänge 40 mm betragen?

Mit Hilfe von Formel (4) erhält man

$$L_{(\mu H)} = \frac{3{,}5^2 \cdot 40^2}{100 \cdot 4 + 45 \cdot 3{,}5} = \frac{12{,}25 \cdot 1600}{400 + 157{,}5} = \frac{19600}{557{,}5} = \underline{\underline{35{,}2\,\mu H.}}$$

Die meisten HF-Eisenkernspulen besitzen einen Spulenkörper aus Kunststoff, der in einzelne Kammern unterteilt ist. Das Aufbringen der Drahtwindungen bereitet dann keine Schwierigkeiten. Der Wicklungsanfang wird durch die darüber liegenden Windungen festgehalten, so daß sich oft ein besonderes Abbinden erübrigt. Anders ist es beim Wicklungsende. Dieses muß mit Nähseide, gummiertem Faden (Klebfaden), Leukoplast oder Klebstoff festgelegt werden. Bei einlagigen Zylinderspulen führt man am einfachsten Wicklungsanfang und -ende durch zwei Bohrungen des Spulenkörpers in den Spuleninnenraum. Ist das nicht möglich, so werden beide Enden durch Bandschlaufen festgelegt (Bild 133). Zu diesem Zweck schneidet man aus dünner Kunstfolie oder Leinwand zwei schmale Streifen von etwa 5 · 50 mm Länge. Für den Wicklungsanfang wird einer der Streifen in der Mitte gefaltet und dann der Spulendraht durchgeführt. Die ersten sechs bis acht Windungen sind nun fest über diesen Streifen zu legen, dann läßt man den Streifenrest nach außen stehen und wickelt auf dem Spulenkörper weiter. Beim Wicklungsende verfährt man umgekehrt: Ein Stück des Streifenendes läßt man nach außen stehen, während die letzten sechs bis acht Windungen fest über den Streifen gewickelt werden. Das Spulenende wird dann durch die Bandschlaufe geführt. Zum Schluß müssen die nach außen stehenden Streifenenden fest angezogen und die Wicklungsenden dadurch festgelegt werden. Ist die Spule fertig und entspricht sie den gewünschten Werten, so kann man sie noch mit Duosan bestreichen, damit ihre Windungen starr festliegen.

Eine besondere Form der HF-Spule ist die Kreuzwickelspule (Bild 134). Sie wird auf besonderen Spulenwickelmaschinen (Bild 135) gewickelt. Im UKW-Bereich verwendet man vorteilhaft Luftspulen, die man leicht selbst herstellen kann (Bild 136).

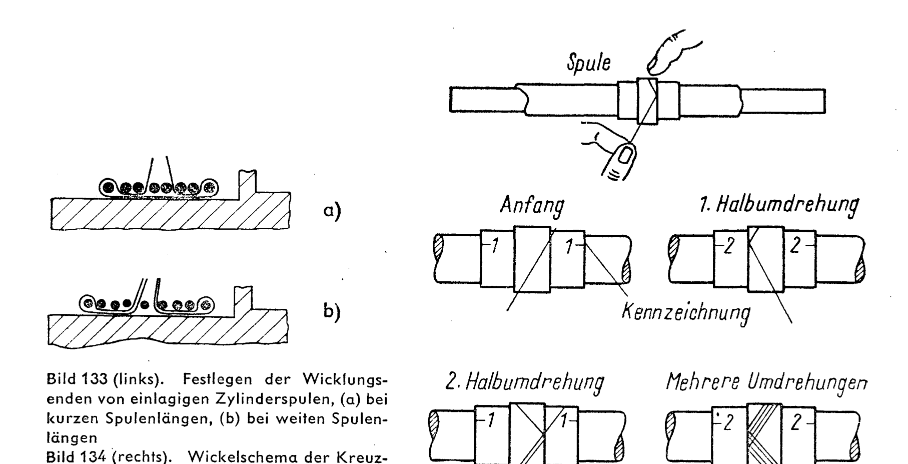


Bild 133 (links). Festlegen der Wicklungsenden von einlagigen Zylinderspulen, (a) bei kurzen Spulenlängen, (b) bei weiten Spulenlängen

Bild 134 (rechts). Wickelschema der Kreuzwickelspule

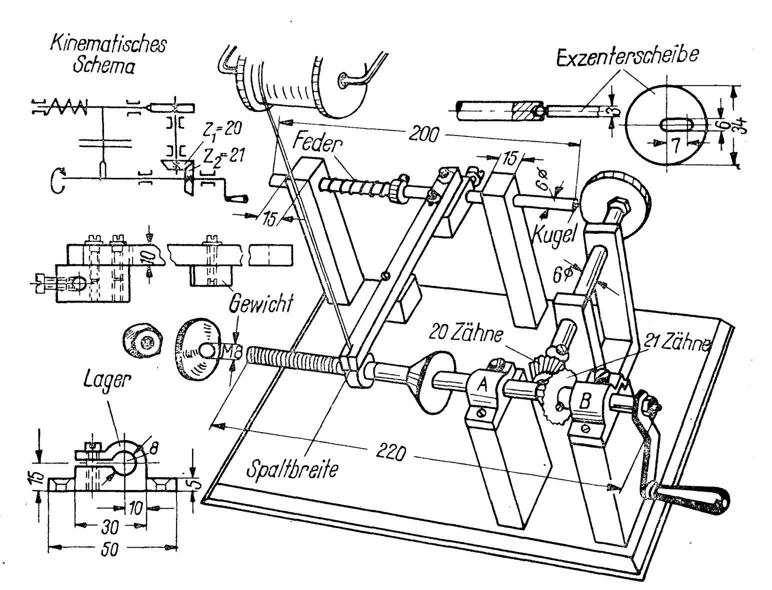


Bild 135. Einfache Kreuzwickelmaschine für den Selbstbau

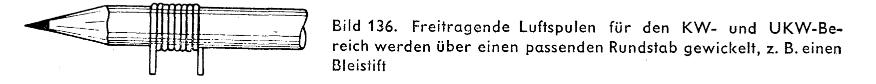


Bild 136. Freitragende Luftspulen für den KW- und UKW-Bereich werden über einen passenden Rundstab gewickelt, z. B. einen Bleistift

5.3 Siebdrosseln

Eisendrosseln mit Luftspalt werden als sogenannte Siebdrosseln in der Gleichrichterschaltung des Netzteiles verwendet. Ihre charakteristischen Merkmale sind vor allem die Größe der Induktivität L, die maximale Strombelastung I und der Gleichstromwiderstand R. Die Größe der Induktivität L hängt vor allem von der Windungszahl w, dem Eisenkernquerschnitt Q_{Fe} und der Luftspaltgröße δ ab. Die Strombelastung I wird durch die Stärke d des verwendeten Kupferdrahtes bestimmt, während für den Gleichstromwiderstand R der Durchmesser d und die Drahtlänge l maßgebend sind.

Die genaue Berechnung einer Siebdrossel stößt auf einige Schwierigkeiten, so daß man auch in der Praxis mit Faustformeln rechnet und dann durch Messung der einzelnen Größen die endgültigen Werte festlegt. Wenn die geforderte Induktivität L, die Luftspaltlänge δ und die Strombelastung I gegeben sind, kann zur Überschlagsrechnung folgender Weg benutzt werden. Man geht davon aus, daß im Luftspalt eine Induktion von ungefähr $B_L = 7000$ Gauß herrschen soll. Dann ergibt sich die Windungszahl

δ in cm, B_L in Gauß, I in A.
$$w = \frac{0{,}8 \cdot \delta \cdot B_L}{I};$$

Den Kernquerschnitt Q_{Fe} des Eisenkernes erhält man dann zu

$$Q_{Fe} = \frac{1{,}1 \cdot L \cdot \delta \cdot 10^8}{\pi \cdot 0{,}4 \cdot w^2} \text{ (cm}^2\text{)};$$

L in H, δ in cm.

Der Durchmesser des zu benutzenden Kupferdrahtes wird errechnet für eine Stromdichte $I = 2{,}55$ A/mm²

$$d = 0{,}7 \sqrt{I} \text{ (mm)};$$

I in A.

Beispiel:

Eine Siebdrossel soll eine Induktivität von L = 40 H besitzen bei einer Stromstärke von I = 50 mA. Die Luftspaltlänge δ wird mit $\delta = 0{,}5$ mm gewählt.

$$\text{Windungszahl: } w = \frac{0{,}8 \cdot 0{,}05 \cdot 7000}{0{,}05} = 0{,}8 \cdot 7000 = \underline{\underline{5600 \text{ Wdg.}}};$$

$$\text{Eisenquerschnitt: } Q_{Fe} = \frac{1{,}1 \cdot 40 \cdot 0{,}05 \cdot 10^8}{0{,}4 \cdot \pi \cdot 56^2 \cdot 10^4} = \frac{110 \cdot 40 \cdot 5}{1{,}26 \cdot 3136} = \frac{22000}{3950} \approx \underline{\underline{5{,}6 \text{ cm}^2}};$$

$$\text{Drahtdurchmesser: } d = 0{,}7 \sqrt{0{,}05} = 0{,}7 \cdot 0{,}224 \approx \underline{\underline{0{,}16 \text{ mm.}}}$$

Der Kernquerschnitt entspricht ungefähr einem Blechpaket M 65/27 oder E/I 66/22. Da es in der Bastelpraxis nicht so sehr auf die genaue Einhaltung der Werte der Siebdrossel ankommt, verwendet man die in den Fachgeschäften angebotenen Siebdrosseln, z. B. die der Fa. G. Neumann, Creuzburg.

Tafel: Einige der wichtigsten Ausführungen von Siebdrosseln

Type	Gleichstrom (mA)	Widerstand (Ω)	Induktivität (H)
D 55/ 60	60	500	15
D 65/100	100	250	12
D 65/140	140	200	10
D 85/100	100	450	50
D 85/140	140	280	25

5.4 Transformatoren und Übertrager

Netztransformatoren sind ebenfalls in zahlreichen Ausführungsformen im Handel erhältlich. Will man einen Netztransformator selbst berechnen, so nimmt man als Grundlage die Summe der von den Sekundärwicklungen abzugebenden Leistungen plus einen Zuschlag, der den Wirkungsgrad berücksichtigt.

$$N_p \approx 1{,}18 \cdot N_s \text{ (VA)}; \qquad (1)$$

N_p = Primärleistung in VA, N_s = Summe der Sekundärleistungen in VA.

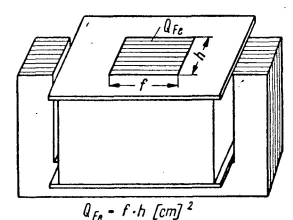


Bild 137. Angaben zur Bestimmung des Kernquerschnittes von Transformatorkernen

Die Summe der Sekundärleistungen ergibt sich aus der Addition der einzelnen Produkte Spannung mal Strom in VA. Mit Hilfe der errechneten Primärleistung erhält man dann den benötigten Eisenquerschnitt (Bild 137) zu

$$Q_{Fe} \approx \sqrt{N_p} \text{ (cm}^2\text{)}. \qquad (2)$$

Für die Primärwicklung mit einer Spannung U ergibt sich die Windungszahl zu

$$w_p = 38 \cdot \frac{U}{Q_{Fe}} \qquad (3)$$

und für die Sekundärwicklung mit einer Spannung U die Windungszahl zu

$$w_s = 42 \cdot \frac{U}{Q_{Fe}}. \qquad (4)$$

Für eine Stromdichte von $I = 2{,}55$ A/mm² ergibt sich die Drahtstärke wieder zu

$$d \approx 0{,}7 \sqrt{I} \text{ (mm)}. \qquad (5)$$

Bei der Berechnung des Eisenquerschnittes ist zu beachten, daß der errechnete Wert stets auf den nächsthöheren, genormten Wert eines Blechpaketes aufzurunden ist.

Beispiel:

Für einen Empfänger wird ein Netztransformator benötigt, der eine Zweiweg-Anodenwicklung von 250 V;75 mA, eine Heizwicklung von 6,3 V;0,6 A und eine Heizwicklung von 6,3 V;2,5 A besitzt.

Summe der Sekundärleistungen:

$$\begin{array}{lll} a) & 250\,V \cdot 0{,}075\,A & 18{,}8\,VA \\ b) & 6{,}3\,V \cdot 0{,}6\,A & 3{,}8\,VA \\ c) & 6{,}3\,V \cdot 2{,}5\,A & \underline{15{,}7\,VA} \\ & \Sigma\, N_s \approx & \underline{\underline{38{,}3\,VA}} \end{array}$$

Die Primärleistung beträgt nach Formel (1):

$$N_p = 1{,}18 \cdot 38{,}3 \approx 45{,}2\,VA;$$

Eisenquerschnitt nach Formel (2):

$$Q_{Fe} \approx \sqrt{45{,}2} \approx 6{,}73\,cm^2;$$

gewählter Eisenkern M 74/32 mit $Q_{Fe} = 7{,}4\,cm^2$;

Windungszahlen nach Formel (3) und (4):

$$w_p = 38 \cdot \frac{220}{7{,}4} \approx 1130\,Wdg.$$

$$w_s = 42 \cdot \frac{250}{7{,}4} \approx 1420\,Wdg.$$

$$w_s = 42 \cdot \frac{6{,}3}{7{,}4} \approx 36\,Wdg.$$

Primärstromstärke:

$$I_p = \frac{N_p}{220} = \frac{45{,}2}{220} \approx 0{,}206\,A;$$

Drahtstärken:

$$d \approx 0{,}7\sqrt{0{,}206} \approx 0{,}7 \cdot 0{,}454 \approx 0{,}32\,mm$$

$$d \approx 0{,}7\sqrt{0{,}075} \approx 0{,}7 \cdot 0{,}273 \approx 0{,}20\,mm$$

$$d \approx 0{,}7\sqrt{0{,}6} \approx 0{,}7 \cdot 0{,}775 \approx 0{,}55\,mm$$

$$d \approx 0{,}7\sqrt{2{,}5} \approx 0{,}7 \cdot 1{,}58 \approx 1{,}10\,mm$$

Zusammenstellung:

	w_p	w_{s1}	w_{s2}	w_{s3}
Windungen	1130	2 · 1420	36	36 Wdg.
Drahtstärke	0,32	0,20	0,55	1,10 mm

Im Niederfrequenzbereich bezeichnet man den Transformator allgemein als Übertrager und verwendet ihn zur Widerstandsanpassung. Der an der Sekundärseite an-

geschlossene Widerstand wird dabei mit dem Quadrat des Übersetzungsverhältnisses auf die Primärseite transformiert.

$$R_{prim} = \ddot{u}^2 \cdot R_{sek}; \qquad (6)$$

R_{prim} = primärseitiger Widerstand in Ω, R_{sek} = sekundärseitiger Widerstand in Ω, ü = Verhältnis der primären zur sekundären Windungszahl.

Der Frequenzbereich des Übertragers wird von der Größe der Primärinduktivität und der auftretenden Streuung bestimmt. Da man bei Niederfrequenzübertragern mit wesentlich geringeren Felddichten arbeitet, wird der notwendige Eisenquerschnitt für eine bestimmte zu übertragende Leistung größer als bei Netztransformatoren bemessen. Von den zahlreich dafür angegebenen Formeln soll die nachstehend genannte verwendet werden.

Eisenquerschnitt:

$$Q_{Fe} = 20 \sqrt{\frac{N}{f_u}} \text{ (cm}^2\text{)}. \qquad (7)$$

Mit N in Watt bezeichnet man die zu übertragende Eingangsleistung, mit f_u in Hz die noch zu übertragende untere Grenzfrequenz.

Ausgangsübertrager dienen zur Anpassung der niederohmigen Lautsprecherspule an den Ausgangswiderstand der Endröhre. Da bei der Eintaktschaltung der Anodengleichstrom durch die Primärspule des Ausgangsübertragers fließt, muß zur Vermeidung einer Gleichstrom-Vormagnetisierung ein Luftspalt vorgesehen werden. Meist verwendet man den in der Normung von Transformatorblechen angegebenen Luftspalt von 0,3 bis 2 mm. Üblich sind Werte von 0,5 oder 1 mm. Die notwendige Luftspaltlänge für einen bestimmten Eisenquerschnitt wird nach folgender Formel berechnet:

$$\delta = 0{,}4 \sqrt{Q_{Fe}} \text{ (mm)}. \qquad (8)$$

Dabei ist der Eisenquerschnitt Q_{Fe} in cm² angegeben.

Soll bei der unteren Grenzfrequenz f_u der Abfall gering sein, wird die Primärinduktivität L wie folgt bemessen:

$$L = \frac{207 \cdot R_a}{f_u} \text{ (H)}; \qquad (9)$$

R_a in kΩ, f_u in Hz.

Für den gewählten Eisenquerschnitt Q_{Fe} ergibt sich für die Primärinduktivität L eine Windungszahl von

$$w_1 = 1000 \sqrt{\frac{10 \cdot L \cdot \delta}{Q_{Fe}}}; \qquad (10)$$

L in Henry, δ in mm, Q_{Fe} in cm².

Die Wurzel aus dem Verhältnis des Ausgangswiderstandes R_a der Endröhre zu dem Schwingspulenwiderstand R_L des Lautsprechers gibt das Übersetzungsverhältnis an:

$$\ddot{u} = \sqrt{\frac{R_a}{R_L}}. \qquad (11)$$

Da das Übersetzungsverhältnis ü gleichzeitig dem Verhältnis der Windungszahlen entspricht,

$$\ddot{u} = \frac{w_1}{w_2}, \qquad (12)$$

erhält man die sekundäre Windungszahl w_2 zu

$$w_2 = w_1 \sqrt{\frac{R_L}{R_a}}. \qquad (13)$$

Bei der Berechnung der Drahtstärke der Primärwicklung ist darauf zu achten, daß durch die Primärwicklung neben dem Anodengleichstrom I_a ein Anodenwechselstrom $\mathfrak{J}_a$ fließt. Bei voller Aussteuerung erhält man den Anodenwechselstrom $\mathfrak{J}_a$ zu

$$\mathfrak{J}_a = \sqrt{\frac{10^3 \cdot N}{R_a}} \text{ (mA)}; \qquad (14)$$

N in W, Ra in kΩ.

Die Drahtstärke ist also bei der Primärwicklung für die Stromstärke

$$I_{ges} = I_a + \mathfrak{J}_a \qquad (15)$$

zu bemessen. Die Drahtstärke erhält man dann nach Formel (5). In der Sekundärwicklung fließt lediglich ein Wechselstrom, den man mit nachstehender Formel (16) errechnet:

$$\mathfrak{J}_L = \sqrt{\frac{N}{R_L}} \text{ (A)}; \qquad (16)$$

N in W, R_L in Ω.

Beispiel:

Eine Endpentode EL 84 arbeitet in Eintakt-A-Betrieb. Dabei treten folgende Betriebswerte auf: $I_a = 48$ mA, $N = 5{,}3$ W und $R_a = 5{,}5$ kΩ. Der zu verwendende Lautsprecher L 2053 PBK (Funkwerk Leipzig) besitzt einen Schwingspulenwiderstand von $R_L = 6\ \Omega$ und einen Frequenzbereich von 60 Hz bis 15 kHz. Die untere Grenzfrequenz wird daher mit $f_u = 50$ Hz gewählt.

Welche Werte muß der zur Anpassung notwendige Ausgangsübertrager besitzen?

Eisenquerschnitt:

$$Q_{Fe} = 20 \sqrt{\frac{5{,}3}{50}} = 20 \sqrt{0{,}106} = 20 \cdot 0{,}326 = 6{,}52 \text{ cm}^2.$$

Der nächste, genormte Eisenkernquerschnitt der E/I-Reihe ist E/I 78 mit $Q_{Fe} = 6{,}8$ cm².

Luftspaltlänge:

$$\delta = 0{,}4 \sqrt{6{,}8} = 0{,}4 \cdot 2{,}61 \approx 1 \text{ mm}.$$

Da beim E/I-Kern der Luftspalt im Eisenweg zweimal auftritt, wird nur eine Isolierstoffzwischenlage von 0,5 mm Stärke eingelegt.

Primärinduktivität:

$$L = \frac{207 \cdot 5{,}5}{50} = 207 \cdot 0{,}11 \approx 22{,}8 \text{ H};$$

Primärwindungszahl:

$$w_1 = 1000 \sqrt{\frac{10 \cdot 22{,}8 \cdot 1}{6{,}8}} = 1000 \sqrt{33{,}5} = 1000 \cdot 5{,}8 = 5800 \text{ Wdg.};$$

Übersetzungsverhältnis:

$$ü = \sqrt{\frac{5500}{6}} = \sqrt{916} \approx 30{,}3;$$

Sekundärwindungszahl:

$$w_2 = \frac{w_1}{ü} = \frac{5800}{30,3} = 192 \text{ Wdg.};$$

Anodenwechselstrom:

$$\mathfrak{J}_a = \sqrt{\frac{5300}{5,5}} = \sqrt{964} \approx 31 \text{ mA};$$

primärer Gesamtstrom:

$$I_{ges} = 48 + 31 = 79 \text{ mA};$$

primäre Drahtstärke:

$$d_1 = 0,7 \sqrt{0,08} = 0,7 \cdot 0,283 \approx 0,20 \text{ mm};$$

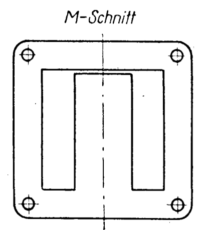
sekundärer Wechselstrom:

$$\mathfrak{J}_L = \sqrt{\frac{5,3}{6}} = \sqrt{0,88} \approx 0,94 \text{ A};$$

sekundäre Drahtstärke:

$$d_2 = 0,7 \sqrt{0,94} = 0,7 \cdot 0,97 \approx 0,70 \text{ mm};$$

Zusammenstellung:
- Kern: E/I 78 mit 2 · 0,5-mm-Luftspalt
- primär: 5800 Wdg. 0,2-CuL
- sekundär: 192 Wdg. 0,7-CuL



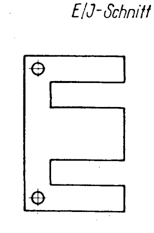


Bild 138. Schnittformen von Transformatorblechen für Transformatoren, Übertrager und Eisendrosseln

Der Eisenkern eines Transformators besteht aus einzelnen Blechen in den Stärken von 0,35 mm oder 0,5 mm. Als Transformatorblech wird meist Dynamoblech III oder IV verwendet, für Spezialzwecke dagegen dünneres Blech mit bedeutend größerer Permeabilität (z. B. Mü-Metall). Die Transformatorenbleche sind einseitig lackiert oder mit einer Seidenpapierschicht bedeckt.

Transformatorenbleche weisen verschiedene Formen auf. Am bekanntesten sind der M-Schnitt und der E/I-Schnitt (Bild 138). Der M-Schnitt besteht nur aus einem Teil. Der mittlere Schenkel ist an einem Ende abgetrennt, damit das Blech auf den Spulenkörper geschoben werden kann. Der E/I-Kern ist wesentlich wirtschaftlicher, sowohl in der Herstellung als auch in der Verarbeitung. Er besteht aus dem dreischenkligen E-Schnitt und dem Joch als I-Schnitt. Die Herstellung erfolgt durch ein abfalloses Stanzen, indem durch zwei aneinandergestellte „E“ aus den Fensterflächen zwei „I“, die benötigten Joche, entstehen. Das Stopfen des E/I-Kernes ist ebenfalls einfach. Soll

sich kein Luftspalt bilden, so wird wechselseitig geschichtet. Durch eine Isolierstoff-Zwischenlage zwischen E-Kern und Joch kann jeder beliebige Luftspalt eingestellt werden. Allerdings ist beim E/I-Schnitt zu beachten, daß er zwei Luftspalte besitzt. Für einen errechneten Luftspalt darf daher nur eine Isolierstoff-Zwischenlage von der halben Luftspaltlänge verwendet werden.

Die Wicklungen eines Transformators werden auf einen Spulenkörper aus Preßpappe oder Pertinax aufgebracht (Bild 139). Dabei benutzt man eine einfache, durch Hand-

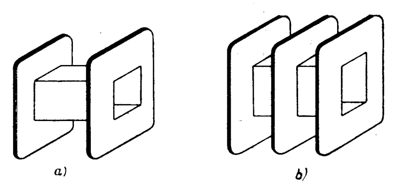


Bild 139. Spulenkörper für Transformatorkerne, (a) normaler Spulenkörper, (b) geschachtelter Spulenkörper für kapazitätsarme Wicklung

Bild 140. Einfache Spulenwickelmaschine für Transformatorwicklungen

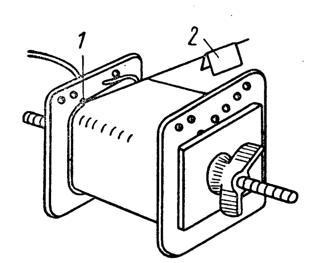


Bild 141 (links). Dünnere Drähte werden durch Anlöten einer stärkeren Litze (1) herausgeführt. Die Lötstelle wird mit einem Isolierstreifen (2) abgedeckt

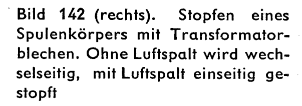
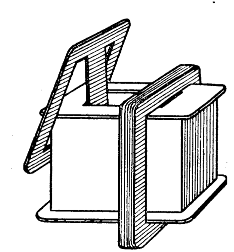


Bild 142 (rechts). Stopfen eines Spulenkörpers mit Transformatorblechen. Ohne Luftspalt wird wechselseitig, mit Luftspalt einseitig gestopft



kurbel oder Handbohrmaschine angetriebene Wickelvorrichtung (Bild 140). Die Wicklung wird lagenweise aufgebracht. Je nach dem zu erwartenden Spannungspotential ordnet man nach jeder einzelnen, nach jeder zweiten oder nach mehreren Lagen Papier- oder Ölleinen-Isolationen an. Werden dünne Drahtstärken verarbeitet, bei denen die Gefahr des Abreißens der Wicklungsenden besteht, so erfolgt ein Anlöten stärkeren Kupferlackdrahtes oder umsponnener Kupferlitze, die dann als Wicklungsende herausgeführt werden (Bild 141). Der Spulenkörper ist etwas kleiner als die vorhandenen Fenstermaße auszuführen, weil dadurch ein leichteres Stopfen des Eisenkernes möglich wird.

Ist die Primärwicklung auf den Spulenkörper aufgebracht, dann folgen die Sekundärwicklungen, wobei die Heizwicklungen außen angeordnet werden. Bei Ausgangsübertragern unterteilt man die einzelnen Wicklungen und wickelt sie abwechselnd. Dadurch wird die Streuung herabgesetzt, was sich in einer Erweiterung des Frequenzbereiches nach höheren Frequenzen bemerkbar macht. Sobald ein Gleichstrom durch

eine Übertrager-Wicklung fließt, muß zum Vermeiden einer Gleichstrom-Vormagnetisierung, die die Übertragungseigenschaften herabsetzt, ein Luftspalt vorgesehen werden. Bei Ausgangsübertragern für Gegentaktschaltungen ist das nicht erforderlich, da sich die magnetischen Erregungen durch die beiden Anodenströme gegenseitig

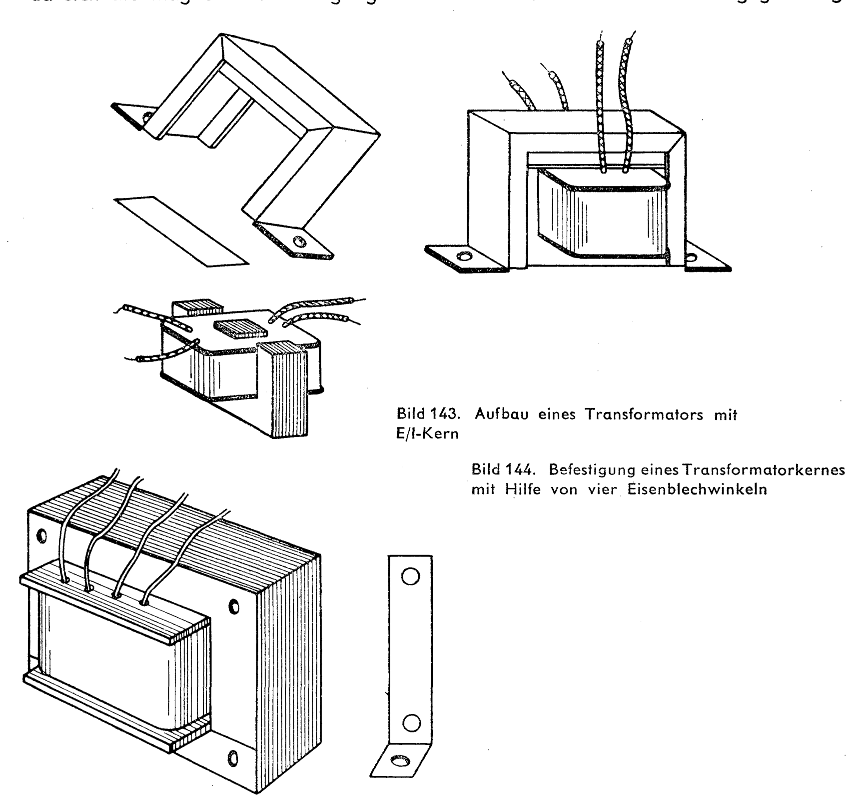


Bild 143. Aufbau eines Transformators mit E/I-Kern

Bild 144. Befestigung eines Transformatorkernes mit Hilfe von vier Eisenblechwinkeln

aufheben. Achtung aber bei Übertragern, die zur Modulation verwendet werden, denn hier fließt z. B. der Anodenstrom der PA-Röhre durch die Sekundärwicklung.
Ist der Eisenkern des Transformators fertig gestopft (Bild 142), so wird mit Hilfe der Befestigungswinkel und zwei bzw. vier durch Bohrungen des Eisenkernes führende Schrauben der Eisenkern fest zusammengefügt (Bild 143 und 144).

6. KLEINER KATALOG FUNKTECHNISCHER BAUELEMENTE

Für den Aufbau funktechnischer Geräte werden eine ganze Vielzahl spezieller Bauelemente benötigt. So vor allem Widerstände, Kondensatoren, Spulen, Elektronenröhren,

Transformatoren u. a. m. Da eine ausführliche Beschreibung aller funktechnischen Bauelemente den Rahmen dieses Buches überschreiten würde, sollen anschließend nur die wichtigsten behandelt werden.

6.1 Widerstände

Ebenso wie der Kondensator hat der Widerstand in der Funktechnik weitgehend Anwendung als Bauelement gefunden. Im elektrotechnischen Sinn wird dabei das Wort Widerstand in zweierlei Hinsicht angewendet. Einmal versteht man unter einem Widerstand in der Elektrotechnik das Verhältnis der elektrischen Spannung zum elektrischen Strom, zum anderen bezeichnet man mit diesem Wort ein Bauelement mit bestimmten Widerstandseigenschaften. Die Grundeinheit des Widerstandes ist das Ohm (Ω). Vielfache der Einheit Ohm werden wie folgt bezeichnet:

1 Kiloohm	$= 1\ \text{k}\Omega$	$= 10^3\ \Omega$
1 Megaohm	$= 1\ \text{M}\Omega$	$= 10^6\ \Omega$
1 Gigaohm	$= 1\ \text{G}\Omega$	$= 10^9\ \Omega$
1 Terraohm	$= 1\ \text{T}\Omega$	$= 10^{12}\Omega$

Bei den Widerständen gibt es verschiedene Bauformen: Drahtwiderstand, Schicht widerstand und Massewiderstand (Bild 145). Eine Tabelle im Anhang erklärt die Farbkennzeichnung für Kleinstwiderstände.

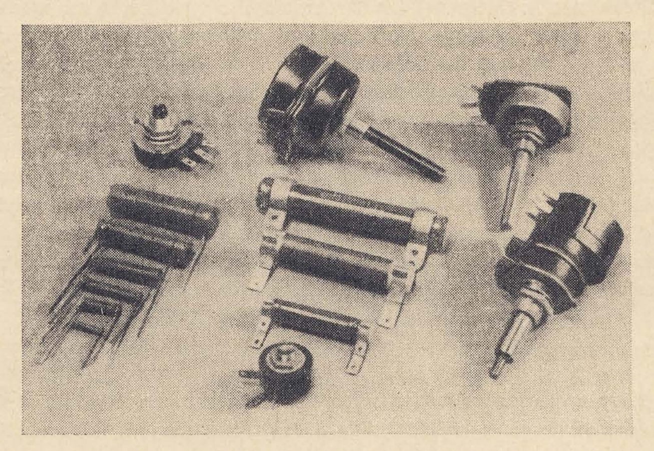


Bild 145. Verschiedene Ausführungsformen von Widerständen; Schichtwiderstände 1/10 W bis 4 W (links) und Drahtwiderstände für höhere Belastungen (Mitte). Verschiedene Schichtpotentiometer (oben), ein Doppelpotentiometer mit angebautem Schalter (rechts unten) und ein Entbrummregler (Mitte unten)

Drahtwiderstände werden vor allem bei höheren Belastungen eingesetzt. Ein drahtförmiger Leiter mit hohem spezifischem Widerstand bildet ihren Widerstandswert,

der Widerstandsdraht (Nickelin, Konstantan usw.) ist dabei um ein Porzellanrohr gewickelt. Die Widerstandsdrahtenden sind an je einer der beiden Metallschellen angelötet, die an den Enden des Porzellanrohres sitzen. Drahtwiderstände werden hergestellt bis ungefähr 50 kOhm bei einer Belastung bis zu etwa 50 W. Zur Aufteilung des Widerstandswertes besitzen Drahtwiderstände oft auch Abgriffschellen.
Schichtwiderstände bestehen aus einem stabförmigen Keramikkörper, auf den eine kristalline Glanzkohleschicht aufgebrannt wird. Den gewünschten Widerstandswert erhält man durch das Einschleifen einer entsprechend breiten Wendel. Es entsteht dann ein bandförmiger Kohleschichtstreifen. Schichtwiderstände werden hergestellt bis ungefähr 10 MOhm bei Belastungen bis etwa 6 W.
Massewiderstände bestehen aus einem Gemisch von leitendem Material und isolierenden Werkstoffen. Man fertigt sie meist in Stabform mit rundem Querschnitt. Genau wie bei den Schichtwiderständen befinden sich an den Enden aufgepreßte Metallkappen mit den Anschlußdrähten. In der Funktechnik finden diese Widerstände als Arbeits-, Vor-, Dämpfungs- oder Siebwiderstand Verwendung.
Für bestimmte Aufgaben benötigt man regelbare Widerstände, für Lautstärkeregelung, Tonhöhenregelung usw. Solche regelbaren Widerstände werden auch als Potentiometer bezeichnet. Durch eine Drehbewegung ändert man den Widerstandswert kontinuierlich. Auf der Achse sitzt zu diesem Zweck isoliert ein Schleifer, der auf der Widerstandsschicht aufliegt. Ein normales Potentiometer besitzt drei Anschlüsse: Anfang der Widerstandsschicht, Ende der Widerstandsschicht und Schleifer. Verläuft die Änderung des Widerstandswertes linear mit dem Drehwinkel, so spricht man von einem Potentiometer mit linearer Kennlinie. Nichtlineare Kennlinien bei Potentiometern weisen meist einen logarithmischen Verlauf auf. Vielfach ist das Potentiometer auch mit einem Schalter gekoppelt. Dabei unterscheidet man zwischen Schaltern, die durch eine Drehbewegung der Achse oder eine Zug-Druck-Bewegung ausgelöst werden. Für größere Belastungen gibt es Potentiometer mit einer Widerstandsdrahtwicklung.
Eine besondere Art des Massewiderstandes ist der Heißleiter. Er dient bei der Serienheizung der Röhren in Allstromgeräten zum Schutz der Röhrenheizfäden gegen Überlastung beim Einschaltvorgang. Der Heißleiter besitzt im kalten Zustand einen höheren Widerstandswert als im heißen Zustand. Der Soll-Wert der Heizstromstärke wird erst nach einer bestimmten Anheizzeit erreicht.

6.2 Kondensatoren

Der Kondensator in seinen verschiedensten Ausführungsformen (Bild 146) ist das wichtigste Bauelement für die Funktechnik. Das Dielektrikum kann aus Glimmer, Keramik, Papier, Kunststoffolie oder Luft bestehen. Glimmerkondensatoren sind durch die heutigen modernen Kondensatoren fast völlig verdrängt. Bei den Papier- oder Kunstfolienkondensatoren ist die Kapazität in Form eines Kondensatorwickels dargestellt. Nach seiner Fertigstellung wird der Kondensatorwickel in einem entsprechenden Rohrstück aus Hartpapier, Keramik oder Aluminium untergebracht und luftdicht verschlossen. Nur die beiden Anschlußdrähte führen an den Rohrenden heraus.

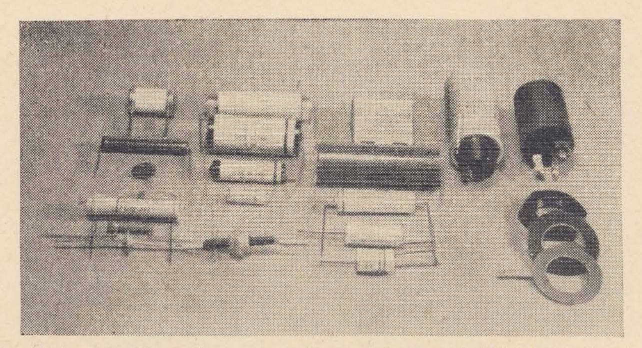


Bild 146. Verschiedene Ausführungsformen von Kondensatoren und Elektrolytkondensatoren. Links keramische HF-Kondensatoren, daneben Kunstfolienkondensatoren (Styroflex), ganz unten ein keramischer Durchführungskondensator. Mitte rechts oben ein Metallpapier-Becherkondensator, darunter Niedervolt-Elektrolytkondensatoren. Rechts Hochvolt-Elektrolytkondensatoren als Alu-Becher mit Befestigungsmutter, Isolierscheibe und Masseanschluß und als Kunststoffbecher

Die Grundeinheit der Kapazität ist das Farad (F). Da diese Einheit für den praktischen Gebrauch in der Funktechnik zu groß ist, benutzt man folgende Teilgrößen:

1 Mikrofarad $= 1\,\mu F = 10^{-6}$ F
1 Nanofarad $= 1$ nF $= 10^{-9}$ F
1 Picofarad $= 1$ pF $= 10^{-12}$ F

Bei den Kunstfolienkondensatoren wird als Dielektrikum Styroflexfolie verwendet. Während bei den Papier- und Kunstfolienkondensatoren kennzeichnend der zusammengerollte Kondensatorwickel ist, wird bei den keramischen Kondensatoren je ein Silberbelag innerhalb und außerhalb des Keramikrohres aufgebrannt. Die beiden Anschlußdrähte sind jeweils an den entsprechenden Kondensatorbelag angelötet.
Die keramischen Kondensatoren finden vor allem im HF-Gebiet Verwendung. Papier- und Kunstfolienkondensatoren können sehr vielseitig in der praktischen Funktechnik eingesetzt werden. Im HF-Gebiet benutzt man bei nicht zu hohen Frequenzen auch den Kunstfolienkondensator. Eine besondere Abart des Papierkondensators ist der Metallpapierkondensator. Der Metallpapierkondensator besitzt nicht nur einen sehr geringen Umfang, sondern hat vor allem den Vorteil, daß er sich bei eventuell auftretenden Durchschlägen selbst regeneriert. Beim Metallpapierkondensator werden die Metallbeläge auf das dünne Kondensatorpapier aufgedampft. Damit ein Kondensator im Betrieb nicht durchschlägt, ist vor allem auf seine Spannungsfestigkeit zu achten. Man darf ihn keinesfalls an einer höheren als der dimensionierten Spannung betreiben. Die wichtigsten Spannungswerte der Kondensatoren sind: 125 V, 250 V, 500 V, 750 V und 1000 V.
Die Gleichstromsiebung erfordert große Kapazitäten, die sich nur mit Kondensatorwickeln von größeren Ausmaßen herstellen lassen. Für dieses Anwendungsgebiet wurde deshalb der Elektrolytkondensator geschaffen. Im Unterschied zum normalen Kondensator, der zwei metallische Kondensatorbeläge besitzt, wird beim Elektrolyt-

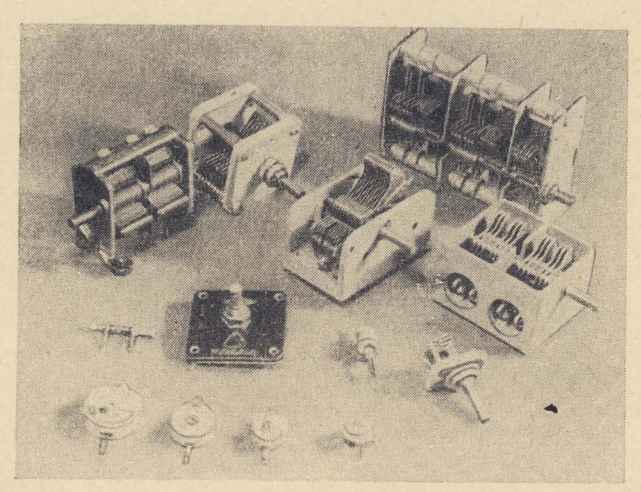


Bild 147. Verschiedene Ausführungsformen von Drehkondensatoren. Rechts oben ein kombinierter AM/FM-Drehko, Mitte rechts ein Zweifach-UKW-Drehko, Mitte links ein KW-Drehko, links ein Zweifach-Drehko in Kleinausführung. In der Mitte ein Hartpapier-Drehko und unten verschiedene Trimmerkondensatoren

kondensator der negative Belag durch den Elektrolyten gebildet. Als Gegenbelag dient eine Aluminiumfolie, auf die durch elektrolytische Einwirkung eine Aluminiumoxydschicht aufgebracht (formiert) wird. Diese Oxydschicht stellt das Dielektrikum dar. Durch eine künstliche Aufrauhung der Oberfläche des Aluminiums konnte bei gleichbleibender Kapazität das Volumen der Elektrolytkondensatoren wesentlich verkleinert werden. Elektrolytkondensatoren stellt man für Betriebsspannungen von 350 V, 450 und 500 V als Lade- und Siebkondensatoren für Netzteile zur Glättung der Gleichspannung her. Für die Anwendung in der NF-Technik gibt es entsprechende Niedervolt-Elektrolytkondensatoren.

Für bestimmte Zwecke, z. B. für die Abstimmung von Schwingungskreisen, sind Kondensatoren mit veränderlicher Kapazität erforderlich. Man unterscheidet bei derartigen Kondensatoren zwischen Trimmern und Drehkondensatoren (Bild 147). Trimmer finden Verwendung, wenn beim Abgleich eines Gerätes ein Schwingungskreis fest auf eine Frequenz abzustimmen ist. Muß dagegen die Frequenzabstimmung variabel sein, so werden Drehkondensatoren (mit Luftdielektrikum oder mit Kunstfoliendielektrikum) benutzt. Normale Rundfunk-Drehkondensatoren mit einer Endkapazität von 500 pF werden in Eingang-, Zweigang- oder Dreigang-Ausführung hergestellt. Mit wesentlich kleineren Kapazitäten dagegen fertigt man Drehkondensatoren für den KW- und UKW-Bereich.

Drehkondensatoren mit Kunstfolien-Dielektrikum, allgemein als Hartpapier-Drehkondensatoren bezeichnet, werden dort verwendet, wo die Güte nicht von ausschlaggebender Bedeutung ist, z. B. als Rückkopplungs-Drehkondensator.

Während bei Wechselstrom die Kapazität je nach Frequenz und Kapazitätsgröße einen bestimmten Blindwiderstandswert besitzt, ist bei Gleichstrom der Widerstand fast unendlich groß. Der Kondensator wird daher in der Schaltungstechnik als Rückkopplungs- und Gegenkopplungskondensator, als Schutz- und Trennkondensator, als Sieb- und Ableitkondensator eingesetzt.

6.3 HF-Spulen

Neben dem Kondensator ist die Induktivität einer Spule Bestandteil des LC-Schwingungskreises. Für die verschiedenen Frequenzbereiche wurden zahlreiche Aufbauformen von Spulen entwickelt (Bild 148). Bei Luftspulen läßt sich eine genügend große Induktivität nur mit sehr vielen Windungen erreichen. Damit steigen automatisch die Verluste durch den Widerstand des verwendeten Drahtes. Zur Erhöhung der Induktivität wird deshalb ein Eisenkern benutzt. Im Bereich der tiefen Frequenzen, also bei Niederfrequenz, finden Transformatorbleche Anwendung, bei Hochfrequenz dagegen sogenannte HF-Eisenkerne, um die Wirbelstromverluste möglichst gering zu halten. Die HF-Eisenkerne bestehen aus einem Gemisch von Pulvereisen und isolierenden Bindemitteln. Im KW- und UKW-Bereich können vorteilhaft auch Luftspulen aus versilbertem Kupferdraht verwendet werden.

Die Grundeinheit der Induktivität ist das Henry (H). Da diese Einheit für den praktischen Gebrauch in der Funktechnik zu groß ist, verwendet man folgende Teilgrößen:

$$1 \text{ Millihenry} = 1 \text{ mH} = 10^{-3} \text{ H}$$
$$1 \text{ Mikrohenry} = 1 \,\mu\text{H} = 10^{-6} \text{ H}$$

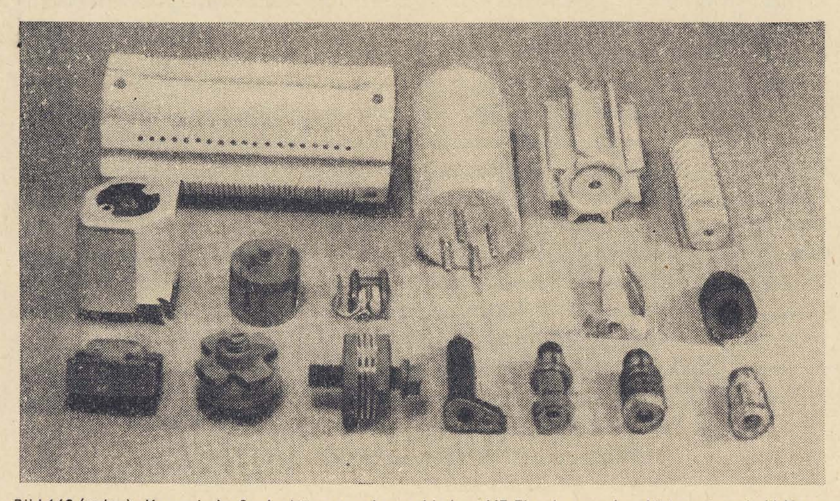


Bild 148 (unten). Keramische Spulenkörper und verschiedene HF-Eisenkernspulen. Links unten ein H-Kern, daneben Haspelkern, Rollenkern und Stiefelkern. Links Mitte eine abgeschirmte Topfkernspule, daneben Topfkern. Oben Mitte ein keramischer Spulenkörper mit RE-Sockel für KW-Spulen

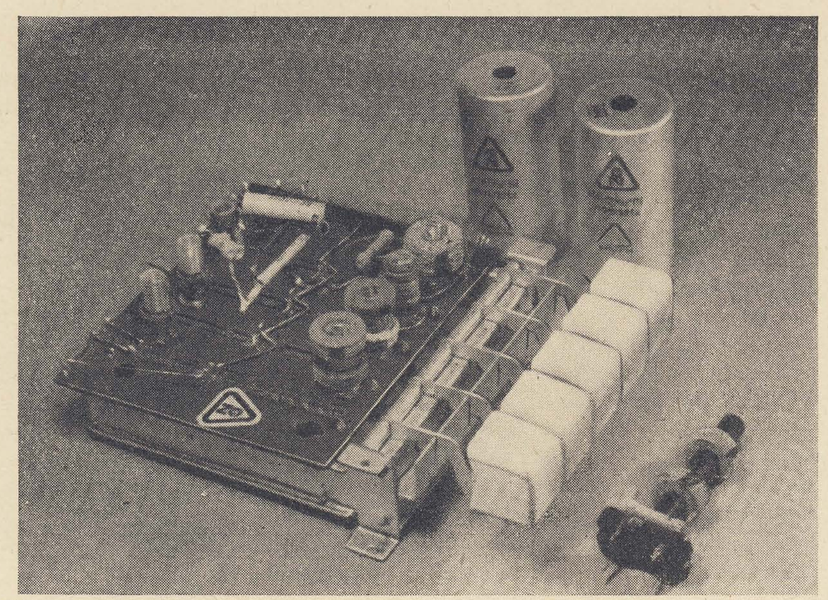


Bild 149 (oben). NEUMANN-Tastenspulensatz für einen 6-Kreis-Superhet für K-M-L-Welle, dahinter die beiden Bandfilter mit Alubecher, rechts ein offenes Bandfilter

Zu den bekanntesten HF-Eisenkernspulen zählen die Haspelkernspule, die Garnrollenspule, die Topfkernspule, die Würfelspule, die H-Kernspule und andere mehr. Dazu kommen Zylinderwicklungen, Kreuzspulwicklungen und Kammer- bzw. Scheibenwicklungen auf Isolierstoffkörpern, die mit einem Schraubkern abgestimmt werden können. Als Spulendraht wird im MW- und LW-Bereich HF-Litze, z. B. 20 · 0,07 mm Durchmesser, verwendet, im KW- und UKW-Bereich versilberter Kupferdraht. Eine Tabelle in Kapitel 5 gibt für die wichtigsten HF-Eisenkerne die Kernfaktoren an. Die Berechnung von HF-Spulen bringt ebenfalls Kapitel 5.

Die Größe der Induktivität einer HF-Spule richtet sich nach dem Frequenzbereich und dem verwendeten Kapazitätswert des Kondensators, der zusammen mit der Spule den Schwingungskreis bildet. Für gewöhnliche Rundfunk-Drehkondensatoren können folgende Induktivitätswerte der HF-Spulen angenommen werden.

LW-Antennenspule, hochinduktiv	6,5 mH
LW-Antennenspule, niederinduktiv	0,3 mH
LW-Schwingkreisspule	2,0 mH
MW-Antennenspule, hochinduktiv	1,2 mH
MW-Antennenspule, niederinduktiv	10,0 µH
MW-Schwingkreisspule	0,2 mH
KW-Antennenspule	1,0 µH
KW-Schwingkreisspule	1,3 µH

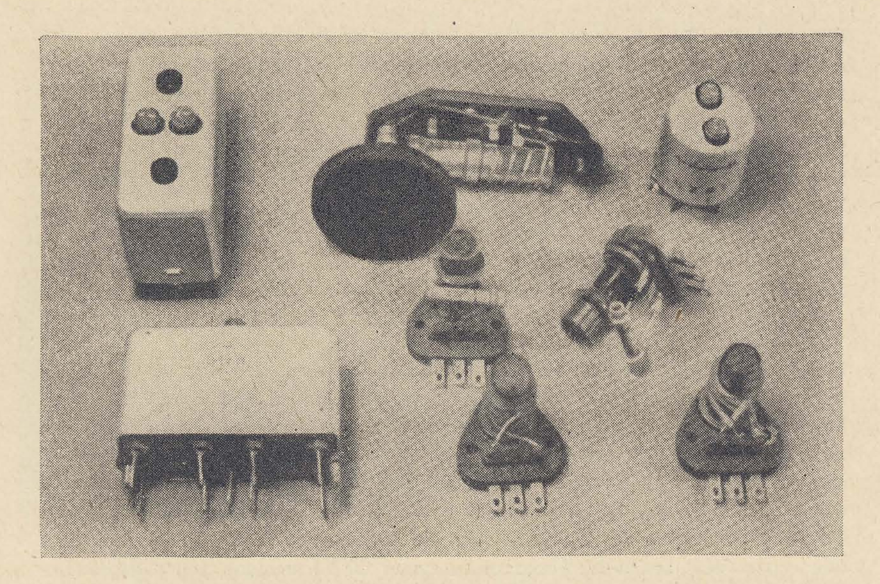


Bild 150. GÖRLER-Spulensatz für einen UKW-Empfänger. Mitte oben die abstimmbare Oszillatorspule, rechts daneben ein ZF-Bandfilter für 10,7 MHz. Darunter die ZF-Sperrkreise und die Eingangs- und Zwischenkreisspule. Links außen kombinierte ZF-Bandfilter für 468 kHz und 10,7 MHz

Im Handel werden fertige und vorabgeglichene Spulensätze angeboten. So liefert die Firma Hochfrequenz-Werkstätten, Meuselwitz (Thür.), Einkreiser- und Superhet-Spulensätze mit einem oder mehreren KW-Bereichen. Die Firma G. Neumann, Creuzburg (Werra), bietet ähnliche Spulensätze an, allerdings in den Ausführungen mit Drehschalter oder mit Drucktasten (Bild 149). UKW-Bauteile können von beiden Firmen bezogen werden, ebenfalls ZF-Bandfilter und ZF-Sperrkreise (Bild 150).
Für die Siebung der aus einer Wechselspannung gewonnenen Anodengleichspannung werden Siebdrosseln eingesetzt. Infolge des induktiven Wechselstromwiderstandes der Siebdrossel ist die Siebwirkung eines Kondensator-Drossel-Gliedes besser als die eines Kondensator-Widerstands-Gliedes. Die Siebdrossel besteht aus einem Spulenkörper mit entsprechenden Windungen und einem Eisenkern mit Luftspalt. Ähnlich aufgebaut ist die Feldspule eines elektrodynamischen Lautsprechers, die im Luftspalt ein kräftiges Magnetfeld für die Schwingspule erzeugt. Bei Verwendung von elektrodynamischen Lautsprechern wird die Feldspule oft als Siebdrossel im Netzteil verwendet, allerdings muß gewährleistet sein, daß der zur Erzeugung des benötigten Magnetfeldes erforderliche Gleichstrom die Feldspule durchfließt.

6.4 Transformatoren

Transformatoren werden für verschiedene Zwecke in der praktischen Funktechnik eingesetzt, z. B. als Netztransformator, NF-Übertrager oder Ausgangsübertrager

(Bild 151). Der Transformator besitzt auf einem Eisenkern ohne Luftspalt zwei oder mehrere Wicklungen zur Transformierung einer Wechselspannung nach höheren oder niederen Spannungswerten. Im Netzteil wird der Netztransformator verwendet, um die Wechselspannung des Versorgungsnetzes von meist 220 V, 50 Hz auf den Wert der Heizspannung und der Anodenspannung (die gleichgerichtet wird) zu transformieren. Handelsüblich sind eine Anzahl von Netztransformatoren für die verschiedensten Verwendungszwecke. Der Netztransformator N 85 U der Firma G. Neumann, Creuzburg (Werra), weist folgende Daten auf:

Primärwicklung	110 V und 220 V	b) Heizung 6,3 V, 0,9 A
Sekundärwicklungen	a) 2 · 280 V, 85 mA	angezapft bei 4 V
	angezapft bei 260 V und 240 V	c) Heizung 6,3 V, 3,8 A

In der Niederfrequenztechnik bezeichnet man den Transformator allgemein als Übertrager. Unterschieden wird zwischen Eingangs-, Mikrofon-, Zwischen- und Ausgangsübertragern. Die NF-Übertrager werden meist zur Widerstandsanpassung benutzt, so zur Anpassung des niederohmigen Mikrofons an den hochohmigen Verstärkereingang oder zur Anpassung der niederohmigen Schwingspule eines Lautsprechers an den hochohmigen Außenwiderstand der Endröhre eines Niederfrequenzverstärkers. Da der Anodenstrom der Endröhre über die hochohmige Wicklung des Ausgangsübertragers fließt, besitzt der Ausgangsübertrager zur Vermeidung einer Gleichstrom-Vormagnetisierung einen Luftspalt.
Die Berechnung von Transformatoren und Siebdrosseln wurde bereits in Abschnitt 5 behandelt. Die Kenndaten von Transformatorkernen und die Eigenschaften von Kupferlackdrähten sind in Tabellenform im Anhang zusammengefaßt.

6.5 Trockengleichrichter und Dioden

An Stelle der Gleichrichterröhre kann zur Gleichrichtung einer Wechselspannung im Netzteil auch ein Trockengleichrichter verwendet werden (Bild 152). Oft kommt dafür der aus einzelnen Platten zusammengesetzte Selengleichrichter in Anwendung. Während die Plattengröße maßgebend für die Strombelastung ist, bestimmt die Anzahl der Platten die gleichzurichtende Spannung. Die Sperrspannung neuerer Selenplatten beträgt etwa 20 V, die Strombelastung je cm² etwa 30 mA.
Wie die Gleichrichterröhre läßt auch der Selengleichrichter den Strom nur in einer Richtung fließen. Der Minuspol befindet sich an der Metallplatte, der Pluspol an der silbrigen Schutzschicht der Selenplatte. Je nach dem Verwendungszweck kann man mit Selengleichrichtern Einweg-, Zweiweg- oder Graetz-Gleichrichterschaltungen aufbauen.

Neuerdings auf Germanium- oder Siliziumbasis hergestellte Trockengleichrichter weisen ein wesentlich kleineres Volumen als die Selengleichrichter auf.
Zur HF-Gleichrichtung verwendet man heute statt der früher üblichen Kristalldetektoren oder Sirutoren (Kupferoxydulgleichrichter) Germanium- oder Silizium-Dioden in Allglasausführung oder metallisierten Keramikkörpern (Bild 153). Die wichtigsten Daten der HF-Dioden und Leistungsdioden enthält eine Tabelle im Anhang.

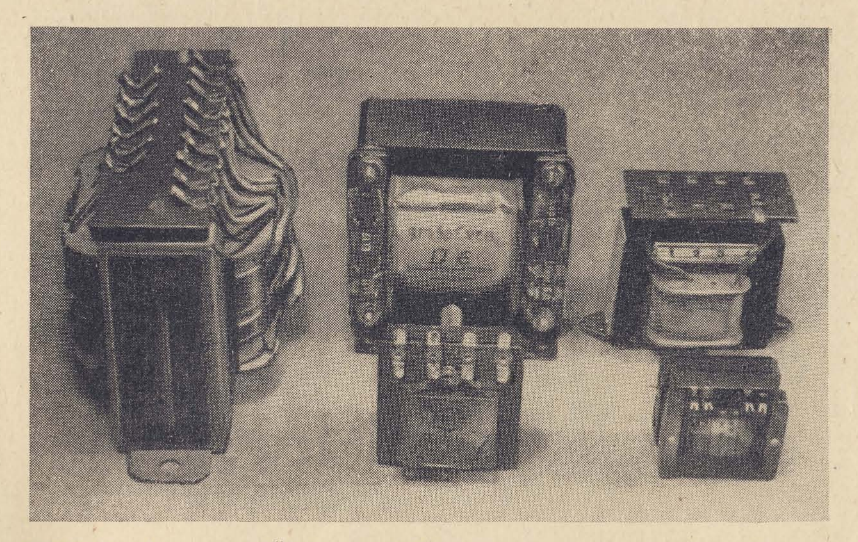
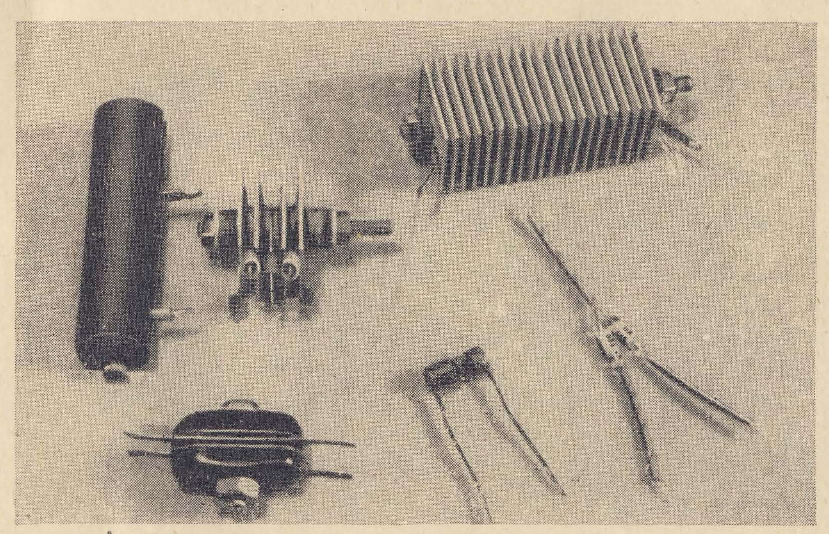


Bild 151. Transformatoren und Übertrager, links Netztransformator, daneben (oben) Ausgangsübertrager und Siebdrossel, darunter kleinere NF-Übertrager

Bild 152. Trockengleichrichter und Germanium-Dioden für verschiedene Verwendungszwecke. Links unten ein Kupferoxydul-Meßgleichrichter („Maikäfer"), rechts daneben eine Germanium-Diode und ein Paar Germanium-Glasdioden



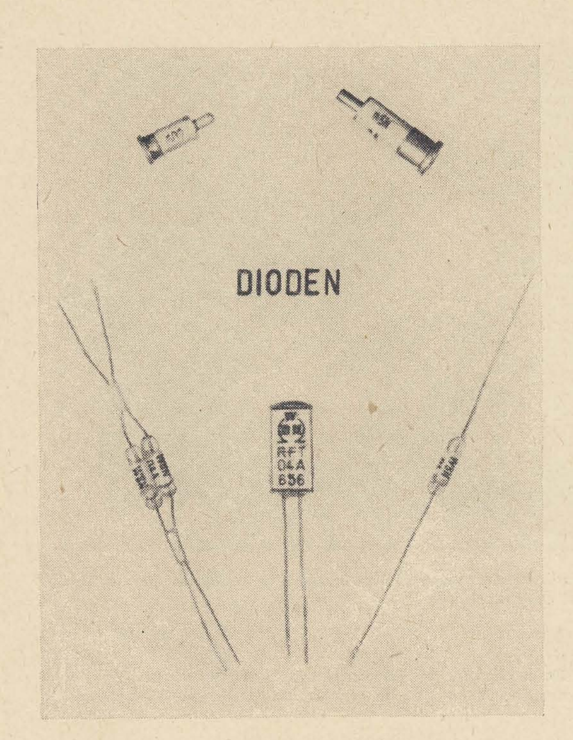
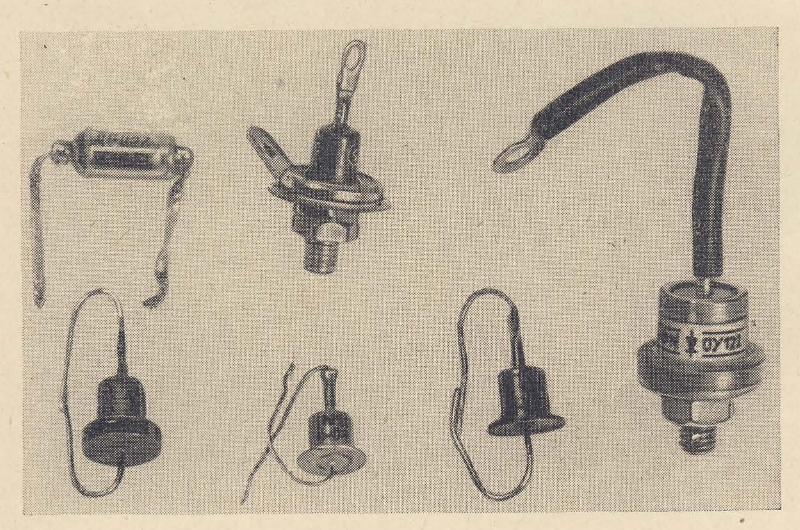


Bild 153a. HF-Gleichrichterdioden auf Germaniumbasis in Glasausführung (unten) und in keramischer Ausführung (oben)

Bild 153b. Halbleiter-Leistungsgleichrichter verschiedener Herstellerwerke



6.6 Elektronenröhren und Transistoren

In der vielfältigsten Weise werden Elektronenröhren in der Funktechnik und der Elektronik eingesetzt. So zum Beispiel zur Verstärkung kleiner Wechselspannungen, wie sie ein Mikrofon abgibt (Mikrofonvorverstärker). Sollen ein oder mehrere Lautsprecher betrieben werden, dann muß man eine entsprechende Endröhre verwenden (End- bzw. Lautsprecherverstärker). Ein anderes Problem ist die Gleichrichtung von Wechselspannungen (HF-Gleichrichter, Netzgleichrichter). Besonders große Leistungen müssen z. B. bei Rundfunksendern (Sende-Endstufe) aufgebracht werden.
Für die moderne Bastelpraxis verwendet man heute die Miniaturröhren, die klein sind und einen ökonomisch vertretbaren Leistungsbedarf haben. Außerdem sind die erzielbaren Ergebnisse wesentlich besser als bei den alten Elektronenröhren. Man unterscheidet dabei Röhren für den Wechselstrombetrieb (E-Röhren), für den Allstrombetrieb (P- und U-Röhren) und für den Batteriebetrieb (D-Röhren). Eine Tabelle im Anhang gibt die wichtigsten Daten und die Sockelschaltbilder für die modernen Miniaturröhren an. Damit man die Miniaturröhren der DDR-Produktion mit ausländischen Röhren vergleichen kann, wurde im Anhang eine Röhrenvergleichstabelle aufgenommen. Bild 154 zeigt einige moderne Miniaturröhren.

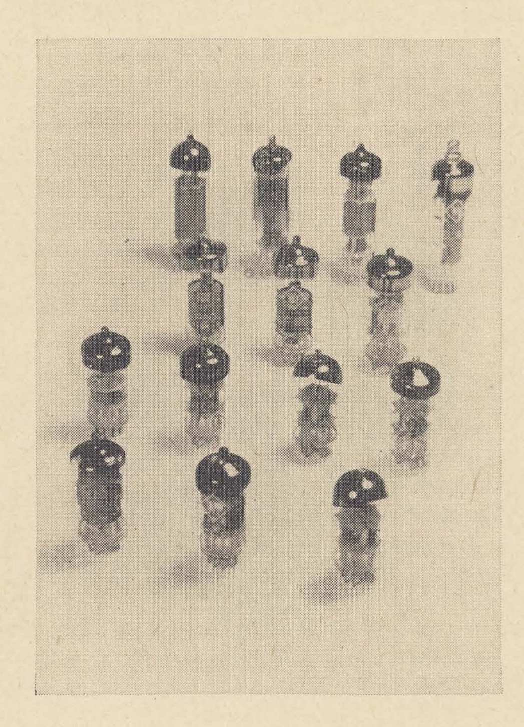


Bild 154. So sehen die modernen Miniaturröhren aus

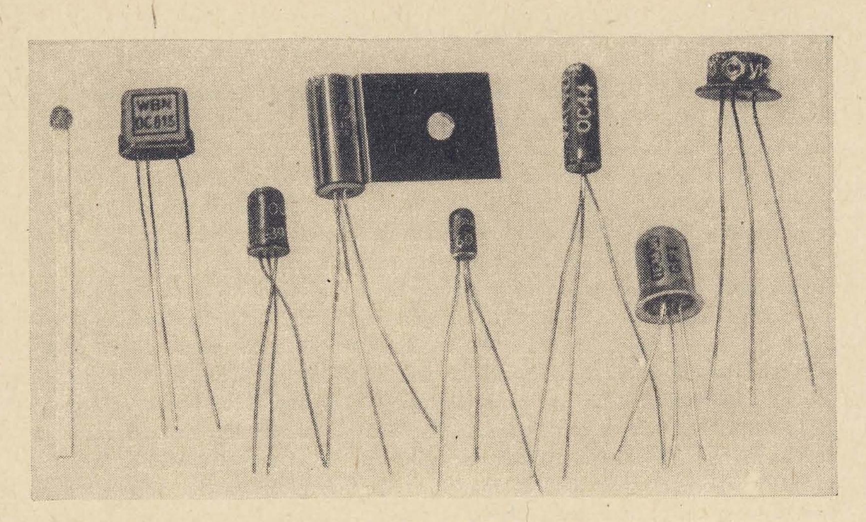
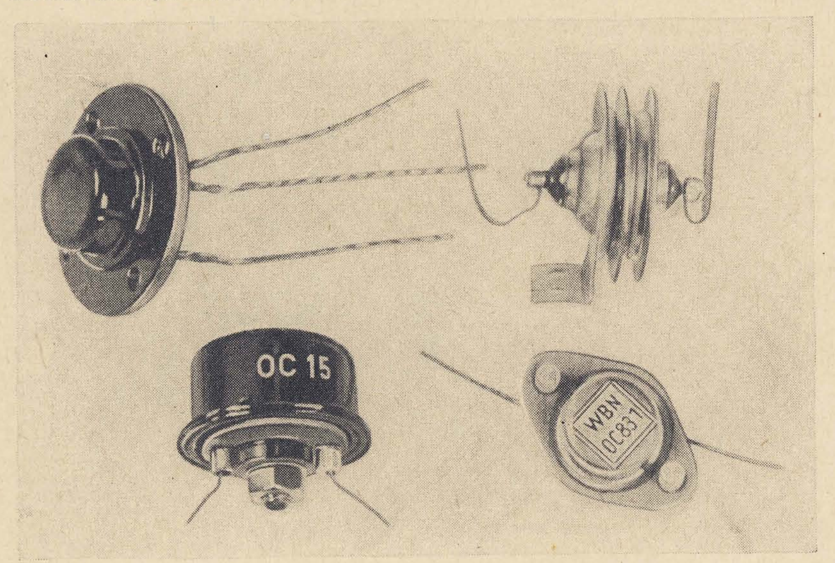


Bild 155 a. Vorstufen-Transistoren verschiedener Herstellerwerke

Bild 155 b. Leistungstransistoren verschiedener Herstellerwerke



Heute wird bei vielen Anwendungsbeispielen die Elektronenröhre erfolgreich durch die Transistoren verdrängt. Das trifft vor allem bei kleinen Leistungen und Frequenzen zu. Allerdings schreitet die Entwicklung von Transistoren äußerst schnell fort, und die Grenzen ihrer Anwendbarkeit sind vorläufig noch nicht absehbar. In den Kreisen der Radiobastler nimmt das Interesse an der Anwendung der Transistoren für die praktische Schaltungstechnik ständig zu, weil sich einige wesentliche Vorteile gegenüber der Elektronenröhre ergeben.
Günstig ist in erster Linie der Fortfall der Heizleistung und die kleine Gleichspannung, die zur Speisung notwendig ist. Die verwendeten Gleichspannungen liegen zwischen 1,5 und 24 V, wobei allerdings in den meisten Schaltungen nur Spannungen bis 9 V verwendet werden. Dazu kommt die wesentlich geringere Größe des Transistors gegenüber der Elektronenröhre. Das ist bei vielen Anwendungsbeispielen für den Radiobastler wichtig, da er seine z. B. tragbaren Geräte möglichst klein bauen will.
Bild 155 zeigt einige Ausführungsformen von Transistoren. Die wichtigsten Daten der Transistoren der DDR-Fertigung enthält der Tabellenanhang. Um Vergleichsmöglichkeiten mit ausländischen Transistoren zu haben, wurde im Anhang eine entsprechende Tabelle aufgenommen.
Näheres über Betriebs- und Grenzwerte der modernen Miniaturröhren sowie über die Schaltungstechnik dieser Röhren findet der Interessierte in Band 13 der Reihe „Der praktische Funkamateur" — „Miniaturröhren und ihre Schaltungstechnik".

6.7 Sonstige Bauelemente

Für den Selbstbau von Mehrbereich-Spulensätzen benötigt man Wellenschalter, die je nach Verwendungszweck Kreisschalter oder Drucktastenschalter sind (Bild 156).

Kreisschalter mit einer oder mehreren Schaltebenen fertigt der VEB Elektrotechnik Eisenach. Besonders preisgünstig ist eine Bastel- und Reparaturpackung dieses Betriebes, die sämtliche Einzelteile für einen kompletten Kreisschalter (Mehrstellenschalter) mit mehreren (bis zu fünf) Schaltebenen enthält.

Drucktastenschalter in verschiedenen Ausführungen fertigt der gleiche Betrieb sowie die Firma G. Neumann, Creuzburg (Werra). Außerdem liefert diese auch einen Miniatur-Schiebetastenschalter (bis zu elf Tasten). Jeder einzelnen Taste können jeweils sechs Schaltkontakte zugeordnet werden.

Röhrenfassungen aus Pertinax, Preßstoff oder Keramik für die in den Röhrenlisten der volkseigenen Röhrenwerke enthaltenen Röhren sind im Handel erhältlich (Bild 157). Es ist ratsam, für den Aufbau von Geräten oder zum Ausprobieren von Schaltungen immer einige Röhrenfassungen vorrätig zu halten. Das trifft auch für normale Dreh- oder für Zeigerknöpfe zu, die speziell für Meßgeräte verwendet werden (Bild 157).

Für einfache Schaltvorgänge, also ein- oder zweipolige Ein-Aus-Schaltungen sowie ein- oder zweipolige Umschaltungen, verwendet man Kippschalter (Bild 158). Für tragbare Geräte, an denen die Schalthebel aus Preßstoff leicht abbrechen, empfiehlt sich die Anwendung der gleichen Schaltausführung als Schiebeschalter.

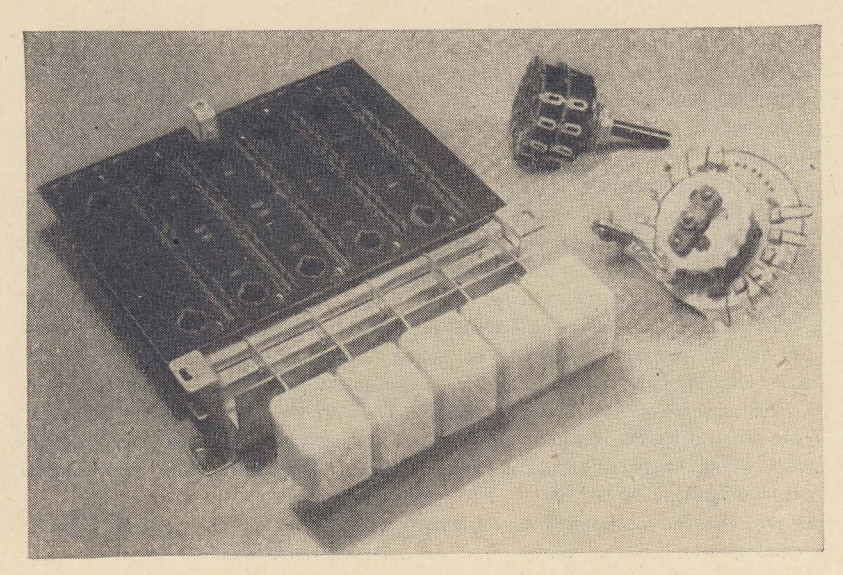
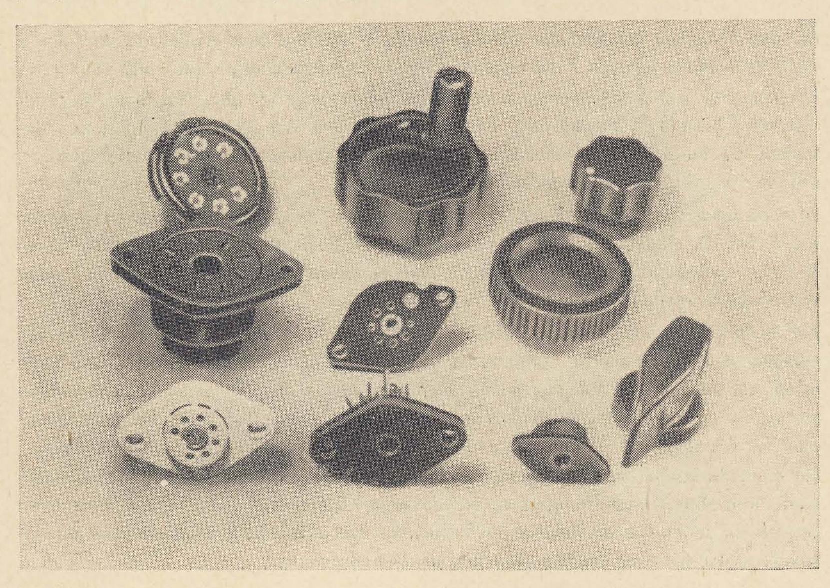


Bild 156. Drucktasten- und Drehschalter für verschiedene Anwendungszwecke

Bild 157. Röhrenfassungen für sieben- und neunpolige Miniaturröhren (unten) sowie für Oktalröhren (links) und verschiedene Drehknöpfe (rechts)



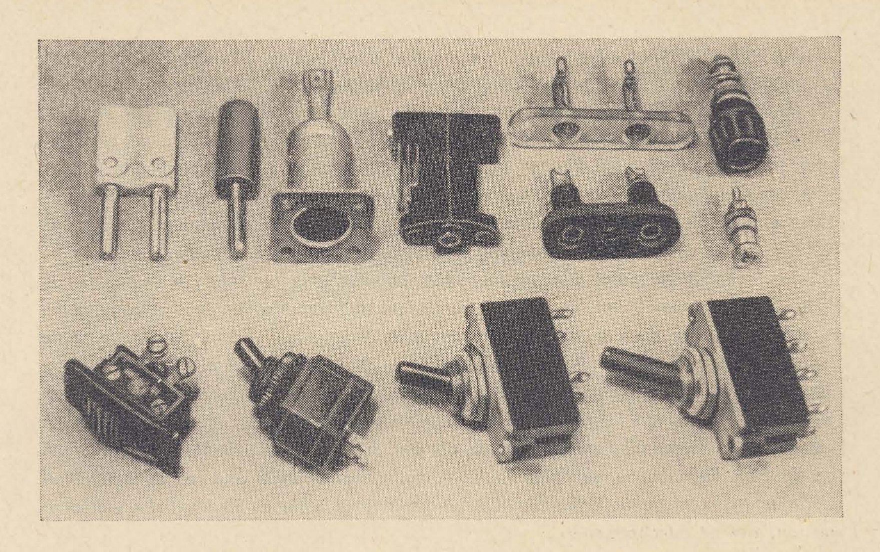
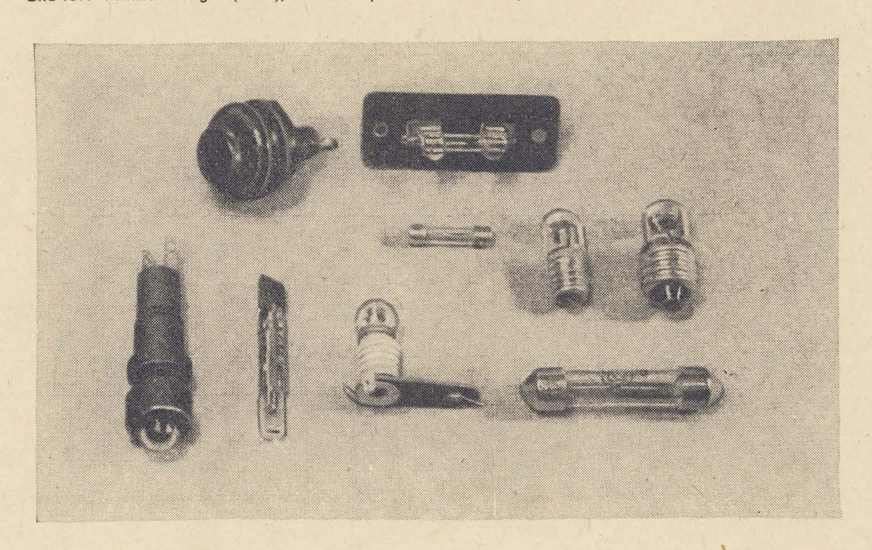


Bild 158. Verschiedene Bauteile für den Selbstbau von funktechnischen Geräten, ein- und zweipolige Stecker und Buchsen (oben) sowie verschiedene Kipp- und Schiebeschalter (unten)

Bild 159. Feinsicherungen (oben), Skalenlampen und Glimmlampen mit entsprechenden Fassungen (unten)



Stecker und passende Buchsen findet man in den vielfältigsten, dem jeweiligen Anwendungsgebiet und den damit verbundenen Anforderungen entsprechenden Ausführungen. Die einfachste Steckverbindung, Bananenstecker und Telefonbuchse, genügt in vielen Fällen (bei Netzgeräten, Rundfunkempfängern usw.). Bei NF-Verstärkern mit empfindlichen Eingängen, also bei kleinen Eingangsspannungen wie in Mikrofon-Vorverstärkern, empfiehlt sich zur Vermeidung von Brummeinstreuungen die abgeschirmte Ausführung einer Steckverbindung. Das gleiche trifft für einige Anwendungen in der HF-Technik zu, bei Meßsender-Ausgängen, Frequenzmesser-Eingängen usw.

Um den Netztransformator oder andere teure Bauelemente vor Schaden zu bewahren, wird eine Absicherung des Geräte-Netzeinganges und der Anodengleichspannung angeraten. Für diese Zwecke sind Feinsicherungen angebracht (Bild 159), die in einem Glasröhrchen zwischen zwei Metallkappen den leicht schmelzenden Draht enthalten. Als Sicherungshalter benutzt man Pertinaxbrettchen mit zwei Klemmfedern oder ein Sicherungselement mit Schraubkopf. Bei der Absicherung ist der Nennstromwert der Feinsicherung etwas höher zu bemessen als der tatsächlich fließende Strom. Die entsprechenden Feinsicherungen sind in den Ausführungen „flink" und „träge" erhältlich. Träge Feinsicherungen können eine Zeitlang mit einer höheren Stromstärke betrieben werden, ehe sie durchbrennen.

Für die Beleuchtung von Skalen und zur Anzeige des Betriebszustandes finden kleine Glühbirnen Verwendung (Bild 159). In Wechselstromgeräten hat man meist Glühbirnen für 6,3 V/0,3 A, in Allstromgeräten Glühbirnen für 18 V/0,1 A. Zur Anzeige des Betriebs-

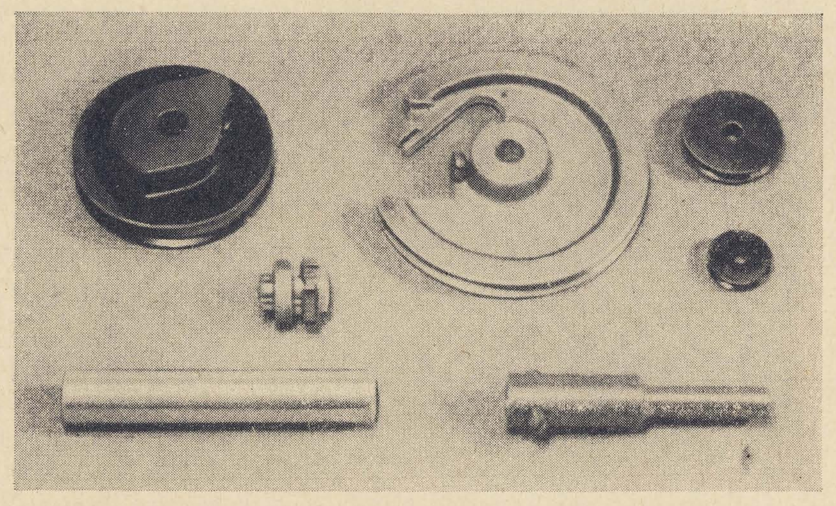


Bild 160. Verschiedene Bauteile für den Selbstbau von Skalen wie Seilräder, Umlenkrollen, Führungsbuchse, Antriebsachse und Verlängerungsachse

zustandes benutzt man auch oft kleine Glimmlampen. Bei Anwendung der Glimmlampen muß beachtet werden, daß diese einen Vorwiderstand von etwa 300 kOhm benötigen. Für die einzelnen Glühlampenarten, mit Schraubsockel oder in Soffittenausführung, gibt es verschiedene Arten von Lampenfassungen, die man je nach Bedarf wählt.

Zum Selbstbau von Skalenantrieben für Empfangs- oder Meßgeräte hält der Handel Skalenräder (Seilräder) in verschiedenen Größen bereit (Bild 160). Auch die für die Führung des Skalenseiles notwendigen Umlenkrollen kann man ebenso wie die auf 6-mm-Achsen aufschiebbaren Antriebs-Hohlachsen fertig kaufen.

Zum Verdrahten eines selbstgebauten Gerätes ist isolierter Schaltdraht mit einem Kupferdurchmesser von 0,5 mm oder 0,7 mm erforderlich. Wird die Schaltverbindung dauernden Bewegungen ausgesetzt, so muß isolierte Schaltlitze verwendet werden, die sehr flexibel ist. Zum Isolieren blanker Drahtverbindungen nimmt man Isolierschlauch (Gummi- oder getränkten Webschlauch). Für HF-Spulen hält man HF-Litze 20 · 0,07 mm und versilberten Kupferdraht vorrätig.

TEIL II BAUANLEITUNGEN UND SCHALTUNGSVORSCHLÄGE MIT MINIATURRÖHREN

1. STROMVERSORGUNG VON FUNKTECHNISCHEN GERÄTEN

Bei der Stromversorgung von funktechnischen Geräten wie Empfängern, Sendern, Meßgeräten usw. unterscheiden wir zwischen dem Batteriebetrieb und dem Netzbetrieb. Der Batteriebetrieb wird vor allem bei transportablen Geräten angewendet, z. B. im Gelände oder in Gegenden, in denen keine Netzspannung zur Verfügung steht. Auch Notfunkanlagen werden wahlweise für Batterie- und Netzbetrieb ausgelegt, da eine solche Station auch bei Ausfall des Stromnetzes immer einsatzbereit sein muß.
Der Netzbetrieb ist gegenüber dem Batteriebetrieb wesentlich billiger und wird deshalb bei allen stationären Geräten angewendet. Steht ein Wechselstromnetz zur Verfügung, so wird selbstverständlich für die Stromversorgung auch ein Wechselstrom-Netzteil vorgesehen. Mit Hilfe eines Netztransformators kann die Netzspannung beliebig herauf- bzw. herabgesetzt werden. Muß allerdings ein Gleichstromnetz benutzt werden, so ist Allstrombetrieb vorzusehen.

1.1 Die Siebung

Für den Betrieb eines mit Elektronenröhren bestückten funktechnischen Gerätes sind verschiedene Betriebsspannungen notwendig. Während für die Heizung der Elektronenröhren, vor allem für die indirekt geheizten Röhren, bei denen Heizfaden und Katode elektrisch voneinander getrennt sind, Wechselstrom verwendet werden kann, erfordern die einzelnen Elektrodenspannungen (wie Gittervorspannung, Schirmgitterspannung und Anodenspannung) Gleichspannungen. Steht ein Wechselstromnetz zur Verfügung, so muß die erforderliche Gleichspannung durch Gleichrichten der Wechselspannung gewonnen werden.
Je nach Schaltungsart unterscheiden wir zwischen der Einweg- und der Zweiweg-Gleichrichtung. Die Einweg-Gleichrichtung wird vor allem bei der Allstromschaltung oder bei Wechselstrom-Netzteilen angewendet, bei denen in bezug auf die Größe der Brummspannung keine besonderen Ansprüche gestellt werden. Für die Gleichrichtung stehen Hochvakuum-Gleichrichterröhren (z. B. EZ 80, EZ 81) oder Trockengleichrichter auf Selenbasis zur Verfügung. Neuerdings finden auch Germanium-Flächengleichrichter, die sich durch besondere Kleinheit auszeichnen, zur Gleichrichtung von Wechselspannungen Anwendung. Hochvakuum-Gleichrichterröhren benötigen gegenüber den anderen Gleichrichtern noch eine Heizspannung. Dabei können Gleichrichterröhren mit indirekt geheizter Katode (wie EZ 80, EZ 81) aus der gleichen Heizspannungswicklung geheizt werden wie die anderen Elektronenröhren z. B. eines Empfängers. Für direkt geheizte Gleichrichterröhren (wie AZ 11, AZ 12) benutzen wir

eine besondere Heizwicklung. Die einfachste Gleichrichterschaltung ist die Einweg-Gleichrichtung (Bild 161). Auf dem Netztransformator braucht dafür nur eine einzige Anodenspannungswicklung vorhanden zu sein. Ein Wicklungsende besitzt Massepotential, das andere wird mit der Anode der Gleichrichterröhre verbunden. An der Katode der gleichen Röhre kann ein pulsierender Gleichstrom entnommen werden, der noch durch entsprechende Siebmittel zu glätten ist. Dafür verwenden wir Siebglieder, die in dem Längszweig entweder eine Drosselspule oder einen Widerstand besitzen und in den beiden Querzweigen entsprechend große Kondensatoren. Das Längsglied hat die Eigenschaft, eine Gleichspannung passieren zu lassen und eine Wechselspannung zu sperren. Die Querglieder verhalten sich entgegengesetzt, indem sie der Gleichspannung den Weg versperren, aber eine Wechselspannung nach Masse passieren lassen. Durch die Spannungsteilung tritt im Ausgang des Netzgerätes eine gesiebte Gleichspannung auf, während die nach der Gleichrichterröhre noch vorhandenen Wechselspannungsreste nach Masse abfließen. Für die Größe der Siebwirkung ist die Größe der Kondensatoren (Elektrolytkondensatoren) und der Siebdrossel maßgebend. Außerdem spielt die Brummfrequenz eine Rolle. Diese beträgt bei Einweg-Gleichrichtung 50 Hz, bei Zweiweg-Gleichrichtung 100 Hz. Bei der Zweiweg-Gleichrichtung ist die Brummfrequenz doppelt so groß, weil beide Halbwellen der Wechselspannung bei der Gleichrichtung ausgenutzt werden (Bild 161). Es sind deshalb zwei Anodenspannungswicklungen nötig, meist als eine Wicklung mit Mittelanzapfung auf dem Netztransformator ausgeführt. Die Mittelanzapfung wird an Masse gelegt, und die beiden anderen Wicklungsenden werden an die beiden Anoden der Gleichrichterröhre geführt. An der Katode kann dann wieder die gleichgerichtete Spannung entnommen werden, die noch entsprechend zu sieben ist.

Nun wollen wir überschlagsmäßig die Siebwirkung der verwendeten Siebglieder berechnen. Wir erhalten damit den Überblick, ob eine vorgesehene Siebschaltung für einen bestimmten Verwendungszweck ausreicht. Soll eine gute Siebwirkung erreicht werden, so verwenden wir auf jeden Fall eine LC-Kette, wie sie Bild 162 zeigt. Für einfache Geräte genügt oft schon die RC-Schaltung nach Bild 162, die aber als Nachteil einen größeren Gleichspannungsabfall am Siebwiderstand R und eine geringere Siebwirkung zur Folge hat.

Der Kondensator C 1 wird als Ladekondensator bezeichnet. An ihm liegt die gleichgerichtete Wechselspannung, der die Brummspannung überlagert ist. Für die Größe

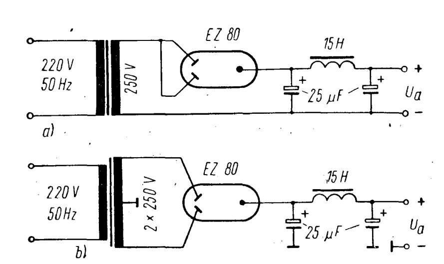


Bild 161. Prinzipschaltung der Einweg- (a) und der Zweiweggleichrichtung (b)

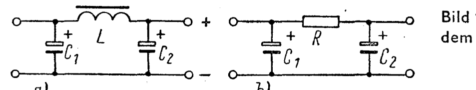


Bild 162. Siebglieder zur Gleichstromsiebung nach dem LC-Prinzip (a) und dem RC-Prinzip (b)

der Brummspannung am Ladekondensator gilt die Formel für die

Einweg-Gleichrichtung: $U_{Br1} = 4{,}5 \cdot \frac{I}{C_1}$ [V];

Zweiweg-Gleichrichtung: $U_{Br1} = 1{,}5 \cdot \frac{I}{C_1}$ [V];

U_{Br1} = Brummspannung am Ladekondensator C_1; C_1 = Kapazität in µF des Ladekondensators; I = Verbraucherstrom in mA.

Das anschließende LC-Glied verringert die Brummspannung infolge des Frequenzverhaltens der Siebdrossel L (großer Wechselstromwiderstand) und des Siebkondensators C_2 (kleiner Wechselstromwiderstand). Für die restliche Brummspannung U_{Br2} in Prozent von U_{Br1} gelten die Formeln für die

Einweg-Gleichrichtung: $U_{Br2} = \frac{1000}{L \cdot C_2}$ %;

Zweiweg-Gleichrichtung: $U_{Br2} = \frac{250}{L \cdot C_2}$ %;

U_{Br2} = restliche Brummspannung in Prozent von U_{Br1}; L = Induktivität der Siebdrossel in H; C_2 = Kapazität in µF des Siebkondensators.

Wird zur Siebung ein RC-Glied nach Bild 162 benutzt, so gilt für die restliche Brummspannung für die

Einweg-Gleichrichtung: $U_{Br2} = \frac{320}{R \cdot C_2}$ %;

Zweiweg-Gleichrichtung: $U_{Br2} = \frac{160}{R \cdot C_2}$ %;

U_{Br2} = restliche Brummspannung in Prozent von U_{Br1}; R = Siebwiderstand in kOhm; C_2 = Kapazität in µF des Siebkondensators.

Beispiel:

Für eine Gleichrichterschaltung sei bei einer Stromentnahme von I = 100 mA der Ladekondensator C 1 mit 25 µF, der Siebkondensator C 2 mit 32 µF bemessen. Wahlweise wird eine Siebdrossel mit L = 15 H oder ein Siebwiderstand mit R = 1 kOhm verwendet. Wie sehen die Brummspannungsverhältnisse bei Einweg- und Zweiweg-Gleichrichtung aus?

Einweg-Gleichrichtung:

LC-Kette

$$U_{Br1} = 4{,}5 \cdot \frac{100\ \text{mA}}{25\,\mu\text{F}} = 18\ \text{V}$$

$$U_{Br2} = \frac{1000}{15\ \text{H} \cdot 32\,\mu\text{F}} = \frac{1000}{480} = 2{,}08\%$$

$$U_{Br2} = \frac{U_{Br1} \cdot 2{,}08}{100}$$

$$= \frac{18 \cdot 2{,}08}{100} = 0{,}374\ \text{V}$$

RC-Kette

$$= 4{,}5 \cdot \frac{100\ \text{mA}}{25\,\mu\text{F}} = 18\ \text{V}$$

$$= \frac{320}{1\ \text{k}\Omega \cdot 32\,\mu\text{F}} = \frac{320}{32} = 10\%$$

$$= \frac{18 \cdot 10}{100} = 1{,}8\ \text{V}$$

Zweiweg-Gleichrichtung:

$$U_{Br1} = 1{,}5 \cdot \frac{100\ \text{mA}}{25\,\mu\text{F}} = 6\ \text{V}$$

$$U_{Br2} = \frac{250}{15\ \text{H} \cdot 32\,\mu\text{F}} = \frac{250}{480}$$

$$= 0{,}52\%$$

$$U_{Br2} = \frac{U_{Br2} \cdot 0{,}52\%}{100}$$

$$= \frac{6 \cdot 0{,}52}{100} = 0{,}031\ \text{V}$$

$$= 1{,}5 \cdot \frac{100\ \text{mA}}{25\,\mu\text{F}} = 6\ \text{V}$$

$$= \frac{160}{1\ \text{k}\Omega \cdot 32\,\mu\text{F}} = \frac{160}{32}$$

$$= 5{,}07\%$$

$$= \frac{6 \cdot 567}{100} = 0{,}3\ \text{V}$$

Wie die Ergebnisse zeigen, ist für eine gute Siebung die Zweiwegschaltung der Einwegschaltung und die LC-Kette der RC-Kette vorzuziehen. Werden handelsübliche Teile benutzt, so wählen wir für die Siebketten Siebdrosseln von etwa 10 bis 50 H und Elektrolytkondensatoren von 4 bis 50 μF.

1.2 Allstrom-Netzteil

Die Allstromschaltung wendet man bei Netzteilen an, die sowohl an Gleichstrom- als auch an Wechselstromnetzen betrieben werden sollen. Es verbietet sich deshalb die Benutzung eines Netztransformators zur Erzeugung der notwendigen Heiz- und Anodenspannung. Als Anodenspannung wird vielmehr die volle Netzspannung verwendet. Bild 163 zeigt die Schaltung für einen Allstrom-Netzteil. Bei dem Betrieb an einem Gleichstromnetz wäre eigentlich der Trockengleichrichter (oder eine Gleichrichterröhre, gestrichelt gezeichnet) nicht notwendig. Um aber bei falscher Polung des Netzteiles am Gleichstromnetz die Elektrolytkondensatoren nicht zu zerstören, ist es besser, den Gleichrichter einzubauen. Außerdem arbeitet das Gerät dann auch am Wechselstromnetz, ohne daß eine besondere Umschaltung vorgenommen werden muß. Die Siebkette, bestehend aus den Elektrolytkondensatoren von 50 μF und der Siebdrossel von etwa 15 H, vermindert bei Gleichstrombetrieb das Maschinengeräusch der Gleichstromgeneratoren, die das Gleichstromnetz speisen, und bei Wechselstrombetrieb das unvermeidliche Netzbrummen auf ein Minimum. Der parallel zum Gleichrichter

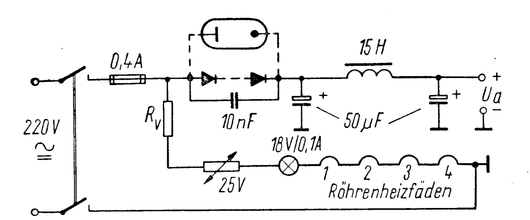


Bild 163. Schaltung für ein Allstrom-Netzteil

liegende Kondensator von 10 nF verhindert das sogenannte „abstimmbare Netzbrummen", das beim Empfang starker Sender auftreten kann, wenn das Stromnetz als Antenne wirkt. Bei Allstrom-Netzteilen ist der Siebdrossel gegenüber dem Siebwiderstand der Vorzug zu geben, da an der Siebdrossel ein geringerer Gleichspannungsabfall auftritt. Verwendet man dennoch einen Siebwiderstand, so wird die Gleichspannung für die Endröhre am Ladekondensator entnommen; ein stärkeres Brummen kann die Folge sein.

Ein besonderes, aber kein schwieriges Problem ist beim Allstrom-Netzteil die Bereitstellung der Heizspannungen für die einzelnen Röhren. Diese Heizspannungen, die durchweg weit niedriger als die Netzspannungen sind, lassen sich nur durch entsprechende Vorwiderstände einstellen. Da an solchen Vorwiderständen natürlich eine entsprechende elektrische Verlustleistung in Form von Wärme auftritt, wurden spezielle Allstromröhren geschaffen. Solche Allstromröhren besitzen gegenüber den normalen Elektronenröhren eine höhere Heizspannung und haben z. B. sämtlich den gleichen Heizstrom von 0,1 A. Damit ist eine stromsparende Heizung möglich: Die Heizfäden können in Serie geschaltet werden, und dabei fließt durch alle Heizfäden der gleiche Heizstrom von 0,1 A, während sich die einzelnen Heizspannungen addieren. An dem Vorwiderstand im Heizkreis braucht jetzt nur die Differenzspannung zur Netzspannung abzufallen. Dazu liegen noch im Heizkreis die Lämpchen für die Skalenbeleuchtung und ein Halbleiterwiderstand (Heißleiter) zum Begrenzen des Einschalt-Stromstoßes. Das ist notwendig, weil alle Heizfäden im kalten Zustand einen geringen Widerstand aufweisen und der Einschaltstrom dadurch größer als 0,1 A ist. Als Folge brennt dann meist das Skalenlämpchen durch. Der Heißleiter zeigt das umgekehrte Verhalten: Er besitzt vor dem Einschalten einen höheren Widerstand, so daß im Heizstromkreis auch beim Einschalten keine Überbelastung auftritt. Die Berechnung der Größe eines erforderlichen Vorwiderstandes zeigt folgendes Beispiel.

Beispiel:

Für einen Rundfunkempfänger soll der Vorwiderstand für den Heizkreis berechnet werden. In diesem Heizkreis liegen die Heizfäden der Röhren UF 89, UCH 81, UBF 89, UCL 82, eine Skalenlampe mit 18 V und ein Heißleiter mit einem Spannungsabfall von 25 V im heißen Zustand. Die Stromstärke im Heizkreis beträgt $I = 0,1$ A.

Die Gesamt-Heizspannung erhalten wir aus der Addition der einzelnen Heizspannungen der Elektronenröhren, der Spannungen der Skalenlampe und des Heißleiters.

$$UF\,89 = 12{,}6\ V;\ UCH\,81 = 19\ V;\ UBF\,89 = 19\ V;\ UCL\,82 = 50\ V;$$

$$U_H = 12{,}6\ V + 19\ V + 19\ V + 50\ V + 18\ V + 25\ V = 143{,}6\ V.$$

Bei einer Netzspannung von $U_N = 220$ V muß am Vorwiderstand R_V eine Spannung U_R abfallen von

$$U_R = U_N - U_H = 220\ V - 143{,}6\ V = 76{,}4\ V.$$

Die Größe des Vorwiderstandes ergibt sich damit zu

$$R_V = \frac{U_R}{I} = \frac{76{,}4}{0{,}1} = \underline{\underline{764\,\Omega.}}$$

Dieser Widerstand muß eine Belastbarkeit besitzen von

$$N = I^2 \cdot R_V = 0{,}1^2 \cdot 764 = 0{,}01 \cdot 764 = \underline{\underline{7{,}64\ W.}}$$

Ein großer Nachteil der Allstromschaltung liegt darin, daß direkte Verbindung mit dem Stromnetz besteht. Deshalb ist beim Arbeiten an Allstromschaltungen äußerste Vorsicht geboten. Steht z. B. das Chassis mit der Netzphase in Verbindung, so kann man bei Berührung einen elektrischen Schlag erhalten. Deshalb ist es besser, vorher den Netzstecker aus der Netzdose zu ziehen. Muß am eingeschalteten Gerät gearbeitet werden, so ist vorher mit einem Glimmlampen-Prüfstift zu kontrollieren, ob das Chassis Spannung führt.

1.3 Wechselstrom-Netzteil

Bei der Wechselstromschaltung ist diese Berührungsgefahr am Chassis nicht vorhanden, da durch den Netztransformator eine galvanische Trennung von Netz und Schaltung erfolgt. Die Primärwicklung des Netztransformators liegt über dem Einschalter (ein- oder zweipoligem Kippschalter) am Stromnetz. Die beiden Kondensatoren von je 5 nF verhindern, daß das Netz als Antenne wirkt. Meist enthält die Primärwicklung eines Netztransformators noch Anzapfungen für andere Netzspannungen (z. B. 110 V, 125 V, 150 V, 240 V). Bei einer anderen Netzspannung als 220 V braucht man also nur einen Anschluß umzuschalten, und das Gerät arbeitet mit der gleichen Leistungsfähigkeit wie bei 220 V. Je nach Schaltungsart enthält der Netztransformator sekundärseitig Wicklungen für die Anodenspannung und die Heizspannung (Berechnung eines Netztransformators siehe Kapitel 5. 4, Teil I.)

Bild 164 zeigt die Schaltung eines Wechselstrom-Netzteiles mit Zweiweg-Gleichrich-

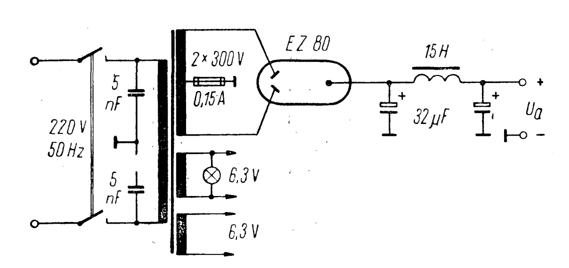


Bild 164. Schaltung für ein Wechselstrom-Netzteil

tung. Die Mittelanzapfung der Anodenwicklung wird über eine Sicherung an Masse gelegt, damit bei auftretendem Kurzschluß (z. B. defektem Elektrolytkondensator) die Gleichrichterröhre und die Anodenwicklung gesichert sind. Die beiden anderen Enden der Anodenwicklung liegen an den beiden Anoden der Gleichrichterröhre, an der Katode wird die gleichgerichtete Spannung entnommen, darauf folgt die übliche Siebkette. Bei der Heizung der Gleichrichterröhre muß man darauf achten, wie die Katode aufgebaut ist. Bei einer indirekt geheizten Katode (z. B. EZ 80, EZ 81) kann der Heizfaden an der gleichen Heizwicklung wie die anderen Röhrenheizfäden angeschlossen werden. Nur bei direkt geheizten Katoden (z. B. AZ 11, AZ 12) müssen wir eine besondere Heizwicklung für die Gleichrichterröhre verwenden. Bei halbindirekt geheizten Gleichrichterröhren ist ein Heizfadenende mit der Katode verbunden. Deshalb muß wie bei der direkt geheizten Katode eine besondere Heizwicklung für die Gleichrichterröhre vorgesehen werden.
Sämtliche modernen Wechselstromröhren besitzen einen Heizfaden mit der Heizspannung von 6,3 V. Deshalb werden die Heizfäden aller in einem Gerät verwendeten Elektronenröhren parallelgeschaltet. Dadurch addieren sich die Heizstromstärken der einzelnen Röhren, es ist leicht zu kontrollieren, ob die Heizwicklung eines Netztransformators für die benötigte Heizstromstärke genügt. Reicht sie nicht aus, so muß man die Röhrenheizfäden auf zwei Heizwicklungen verteilen, die meist jeder Netztransformator enthält.
Die verwendeten Skalenlampen sind ebenfalls für eine Betriebsspannung von 6,3 V ausgelegt, so daß sie direkt an die Heizwicklung angeschlossen werden können.

Tafel: Gleichrichterröhren

Typ	Heizspannung in V	Heizstrom in A	Trafospannung in V	entnehmbarer Gleichstrom in mA	maximaler Ladekondensator in μF
RGN 1064, AZ 1, AZ 11	4,0	1,10	2 · 300	120	60
AZ 12	4,0	2,20	2 · 400	150	60
EYY 13	6,3	2,50	2 · 400	350	32
EZ 11	6,3	0,29	2 · 250	60	32
EZ 12	6,3	0,90	2 · 400	125	32
EZ 80	6,3	0,60	2 · 300	90	50
EZ 81	6,3	1,00	2 · 300	150	50
UY 11	50,0	0,10	250	80	32
UY 82	55,0	0,10	220	180	60
UY 85	38,0	0,10	220	110	100
5 Z 4	5,0	2,00	2 · 350	125	32
6×5	6,3	0,60	2 · 325	70	32

1.4 Spannungsstabilisierung

Für manche Schaltungen werden konstante Gleichspannungen, sogenannte „stabilisierte Spannungen" benötigt. Das kann der Fall sein bei der Schirmgitterspannung eines Kurzwellen-Audions oder bei Meßgeräten. Dafür verwendet man Spannungsstabilisatorröhren, die eine bestimmte Gleichspannung in engen Grenzen konstanthalten. In diesen Röhren gibt es eine Glimm-Entladungsstrecke, die auf Grund physikalischer Vorgänge eine konstante Brennspannung besitzt. Da die Zündspannung einer solchen Glimmstrecke höher liegt als die Brennspannung, muß man die Stabilisatorröhre über einen Vorwiderstand aus einer Gleichspannung von etwa 250 bis 350 V betreiben. Am Pluspol der Stabilisatorröhre kann die konstante Gleichspannung entnommen werden.

Es gibt verschiedene Typen von Stabilisatorröhren, die sich in der Größe der Brennspannung (70 V, 85 V, 100 V, 150 V, 280 V) und der Größe des entnehmbaren Stromes (4,5 bis 40 mA) unterscheiden. Bild 165 zeigt ein Beispiel für die Schaltung einer Stabilisatorröhre zur Konstanthaltung einer Spannung von 150 V bei einer maximalen Stromentnahme von 30 mA. Folgendes Beispiel erläutert die Berechnung des Vorwiderstandes für die Stabilisatorröhre.

Beispiel:

Es soll eine Gleichspannung von 150 V bei einer Stromentnahme von 30 mA konstantgehalten werden. Die Betriebsspannung beträgt 320 V. Als Stabilisatorröhre wird der Typ StR 150/40 Z verwendet, die einen minimalen Querstrom von 10 mA besitzt, der zur Aufrechterhaltung der Glimmentladung erforderlich ist. Für die Berechnung des Vorwiderstandes muß deshalb ein Querstrom von $I_q = 30\text{ mA} + 10\text{ mA} = 40\text{ mA}$ zugrunde gelegt werden.

$$R_V = \frac{320\text{ V} - 150\text{ V}}{40\text{ mA}} = \frac{170}{0{,}04} = \frac{17\,000}{4} = \underline{\underline{4250\ \Omega.}}$$

Dieser Widerstand muß für eine Belastung bemessen sein von

$$N = I^2 \cdot R = 0{,}04^2 \cdot 4250 = 0{,}0016 \cdot 4250 = \underline{\underline{6{,}8\text{ W.}}}$$

Benötigt man für besondere Zwecke mehrere stabilisierte Gleichspannungen, z. B. in den Intervallen 70, 140, 210 und 280 V, so gibt es Stabilisatorröhren mit vier Glimm-Entladungsstrecken (StR 280/40 und StR 280/80). Diese Stabilisatorröhren werden ebenfalls über einen Vorwiderstand betrieben, an den einzelnen Elektroden kann man die stabilisierten Spannungen entnehmen. Wird bei solchen Röhren z. B. die Elektrode + 70 an Masse gelegt, so bekommen wir die stabilisierten Spannungen —70 V, + 70 V, + 140 V und + 210 V; wir erhalten also für die Speisung eines Steuergitters

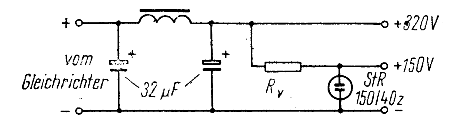


Bild 165. Schaltung für die Entnahme einer stabilisierten Gleichspannung

eine negative Spannung. Parallel können wir zu den Glimmstrecken Potentiometer legen und haben dann regelbare Spannungen von z. B. 0 bis —70 V, 0 bis +70 V, 0 bis +140 V usw. zur Verfügung.
Sind höhere Gleichspannungen zu stabilisieren, so können gleichartige Stabilisatorröhren in Serie geschaltet werden. Eine Parallelschaltung von Stabilisatorröhren zur Erzielung einer höheren Stromentnahme ist nicht möglich. Dafür muß man eine elektronische Stabilisierung mit Hochvakuum-Elektronenröhren vorsehen.

1.5 Kleiner Universal-Netzteil

Für den Betrieb von Versuchsschaltungen benötigen wir je nach den verwendeten Elektronenröhren entsprechende Heizspannungen und Anodenspannungen. Deshalb ist es günstig, immer einen betriebsbereiten Stromversorgungsteil zur Verfügung zu haben. Der Aufbau auf ein Holzbrett ist nicht zu empfehlen, da das Gerät schnell verstaubt und vor allem nicht berührungssicher ist. Man baut es daher besser in ein entsprechendes Gehäuse ein. Nachfolgend wird ein kleiner, universell verwendbarer Netzteil beschrieben, der für die Belange des Amateurs ausreicht.

Das Universal-Netzgerät gibt folgende Spannungen ab:

Wechselspannung:	6,3 V/1,3 A
	9,5 V/0,7 A
Gleichspannung:	320 V/50 mA
	150 V/10 mA (stabilisiert)

Als Netztransformator wird ein handelsüblicher Typ der Firma G. Neumann, Creuzburg (Werra), verwendet (N 85/580617). Er besitzt u. a. eine Heizwicklung mit 9,5 V, so daß auch Röhren wie die PCF 82 oder PCC 84 und PCC 88 (beide über Vorwiderstand) geheizt werden können. Legt man auf diese Heizspannung keinen Wert, so läßt sich auch der Typ N 85 K derselben Firma verwenden, bei dem die 6,3-V-Wicklung bis 3,8 A belastbar ist. Bild 166 zeigt das Universal-Netzgerät, für das als Gehäuse eine Brotbüchse mit den Außenmaßen 210 · 140 · 75 mm dient. Da in jedem

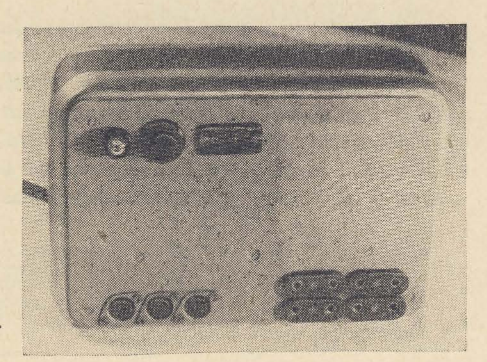
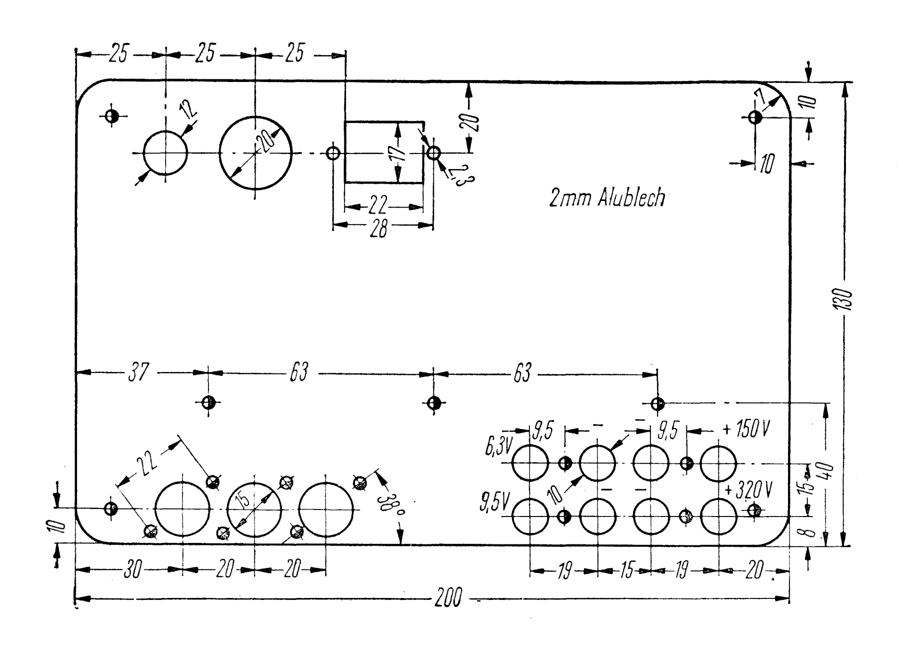


Bild 166. Vorderansicht des Universal-Netzgerätes



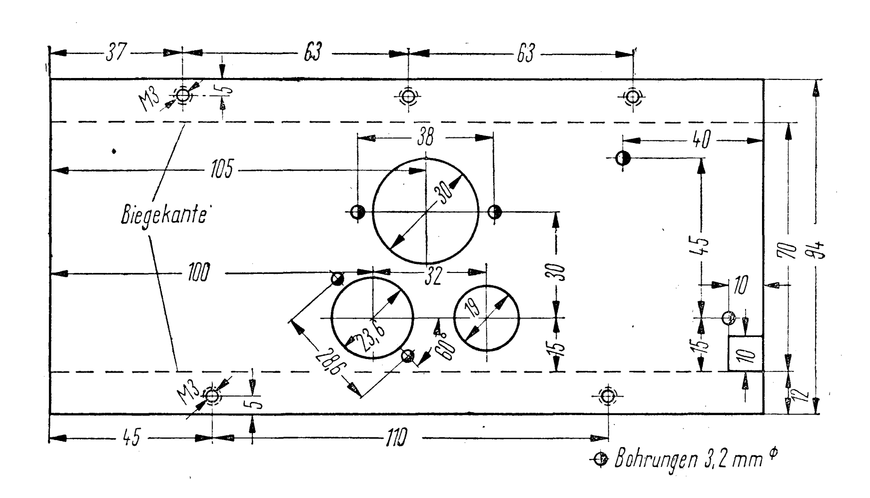


Bild 167. Maßskizze und Bohrplan für Frontplatte (oben) und Chassis (unten) des Universal-Netzgerätes

Haushaltwarengeschäft solche Brotbüchsen aus Aluminiumblech zu erhalten sind, entfallen alle Arbeiten zur Herstellung eines Gehäuses. Um das Gehäuse etwas stabiler zu gestalten, erhält es eine aufgesetzte Frontplatte aus 2 mm starkem Alublech (Bild 167). Mit vier Schrauben in den Ecken wird sie am Brotbüchsendeckel befestigt, mit drei Schrauben außerdem mit dem Chassis verschraubt. Auf diesem Chassis ordnen wir die einzelnen elektrischen Bauteile an. Der andere, kleinere Brotbüchsenteil wird mit zwei Schrauben am abgewinkelten Chassis befestigt. Nach Fertigstellung hat das kleine Netzgerät einen stabilen Zusammenhalt und steht sicher auf dem Tisch.

Die Schaltung des Universal-Netzgerätes weist keine Besonderheiten auf (Bild 168). Mit einem zweipoligen Schiebeschalter erfolgt die Trennung vom Netz. Ein Kippschalter wurde bewußt nicht verwendet, da erfahrungsgemäß der Knebel leicht abbricht. Eine Sicherung (0,5 A) schützt das Gerät bei Überlastung. Die Glimmlampe Gl zeigt den betriebsbereiten Zustand des Netzteiles an. Zur Strombegrenzung wird vor die Glimmlampe ein Widerstand von 200 kOhm geschaltet. Die Gleichrichtung erfolgt in Zweiwegschaltung mit der Röhre EZ 80. Die beiden Enden der Anodenwicklung (2 · 300 V) schaltet man an je eine Anode der Röhre EZ 80, während die Mittelanzapfung an Masse gelegt wird. Die Heizung der Röhre EZ 80 erfolgt durch eine 6,3-V-Wicklung, die mit 0,6 A belastbar ist. Die gleichgerichtete Spannung wird an der Katode der EZ 80 entnommen und zur Siebung über ein LC-Glied geführt. Als Siebdrossel fand der Typ D 55/60 der Firma Neumann (I = 60 mA, L = 15 H, R = 500 Ω) Verwendung. Für die Elektrolytkondensatoren baut man zur Platzersparnis ein Doppel-Elko 2 · 25 µF — 500/550 V ein. Nach der Siebkette kann eine Gleichspannung von etwa 320 V entnommen werden. Über den Vorwiderstand von 10 kOhm wird auch die Stabilisatorröhre StR 150/40 z betrieben, so daß noch eine stabilisierte Gleichspannung von 150 V zur Verfügung steht. Die beiden Gleichspannungen und die beiden Heizspannungen legt man an entsprechende Buchsenpaare, wie sie in Bild 166 rechts unten zu erkennen sind. Der Abstand der zusammengehörenden Buchsenpaare beträgt 19 mm. Man verwendet also entsprechende Doppelbuchsen. An diesen Buchsen können die Spannungen zur Stromversorgung von Versuchsschaltungen entnommen werden. Zu beachten ist, daß jeweils ein Ende der Heizspannungen und der Minuspol der Gleichspannungen an Masse liegt.

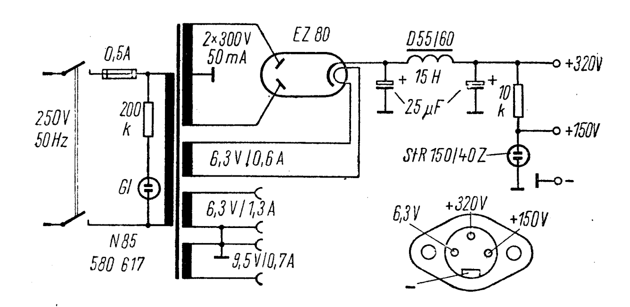
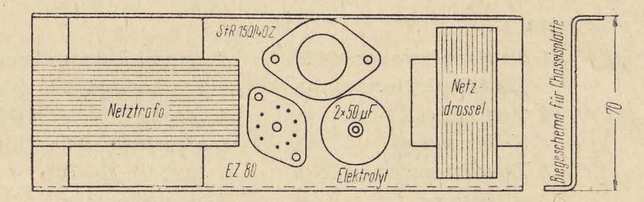


Bild 168. Schaltung des Universal-Netzgerätes. (Als Stabilisatorröhre wird die StR 150/40 z verwendet, nicht die GR 20—22)

Bild 169. Aufbauschema für das Chassis des Universal-Netzgerätes. (Die Stabilisatorröhre ist richtig „StR 150/40 z")



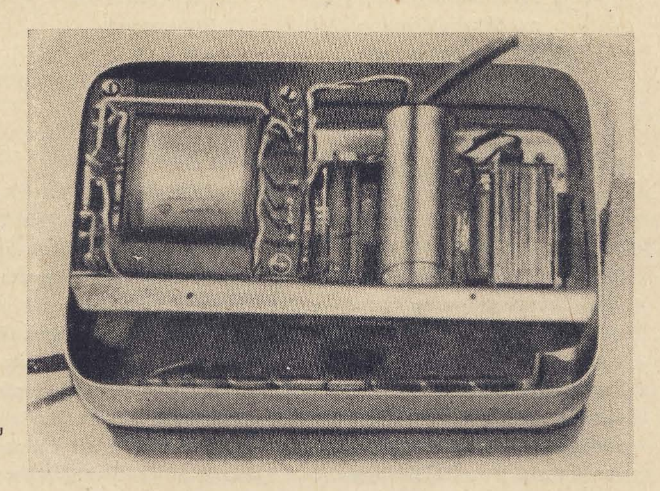


Bild 170. Innenaufbau des Universal-Netzgerätes

Um das Gerät noch universeller zu gestalten, enthält der Netzteil drei weitere Buchsen (in Bild 166 links unten). Es handelt sich hierbei um vierpolige Flanschsteckdosen, wie sie beim Diodenanschluß für Magnettongeräte in modernen Rundfunkempfängern üblich sind. Eine solche Flanschsteckdose enthält drei voneinander isolierte Buchsen und einen Masseanschluß. An diese drei Buchsen werden die beiden Gleichspannungen und die Heizspannung von 6,3 V geführt. Über einen gleichartigen Stecker und ein vierpoliges Kabel können dann diese Spannungen entnommen und als Stromversorgung einem anderen Gerät zugeführt werden. Das kommt z. B. in Frage für kleine Meß- und Prüfgeräte. Maximal ist es möglich, auf diese Art alle drei Geräte an das Universal-Netzgerät anzuschließen. Das anzuschließende Gerät wird also ohne Stromversorgungsteil aufgebaut (siehe 6.2 Durchgangsprüfer und 6.4 Grid-Dip-Meter). Diese beiden Geräte können über ein dreiadriges Kabel und einen Flanschstecker an das Netzgerät angeschlossen werden.

Den Aufbau der elektrischen Bauteile auf dem Chassis zeigt Bild 169, während aus Bild 170 der Innenaufbau des Universal-Netzgerätes ersichtlich ist.

Stückliste

1 Netztransformator N 85 (580617 [G. Neumann])
1 Netzdrossel D 55/60 (G. Neumann)
1 Zwergglimmlampe 220 V mit Fassung
1 Feinsicherung 0,5 A mit Schraubfassung
1 Schiebe-Netzschalter, 2polig
1 Doppel-Elektrolytkondensator 2×25 µF (500/550 V)
1 Röhre EZ 80
1 Stabilisatorröhre StR 150/40 Z bzw. GR 22—70
4 Doppelbuchsen
3 Flanschsteckdosen, 4polig
1 Widerstand 200 kΩ/0,25 W
1 Widerstand 10 kΩ/10 W

1.6 Großes Stromversorgungsgerät

Dieses universelle Stromversorgungsgerät ist zum Betrieb von Versuchsschaltungen geeignet und daher für den Nachbau besonders zu empfehlen. Es kann für die vielfältigsten Zwecke eingesetzt werden. So können u. a. Meßgeräte aus diesem Gerät ihre Stromversorgung beziehen. Das Stromversorgungsgerät gibt mehrere Heizspannungen ab, eine unstabilisierte Gleichspannung von etwa 350 V und mehrere stabilisierte Gleichspannungen. Ausschlaggebend für die Größe der abgegebenen Spannungen und Ströme ist der Netztransformator. Benutzt wurde der Typ N 102/U der Firma G. Neumann. Es lassen sich aber auch andere ähnliche Transformatoren verwenden. Zu beachten ist, daß der Netztransformator die üblichen Heizspannungen von 4 V, 6,3 V und 12,6 V (bzw. 2 · 6,3 V in Reihe geschaltet) aufweist. Für die Gleichspannungen soll eine Wicklung von 2 · 300 bis 2 · 350 V vorhanden sein, die etwa mit 100 mA belastet werden kann.
Das Stromversorgungsgerät arbeitet in Zweiweg-Gleichrichterschaltung mit der Röhre EZ 81. Falls keine besondere Heizwicklung für die Gleichrichterröhre auf dem Netztransformator vorhanden ist, kann man den Heizfaden der Röhre mit an die 6,3-V-Wicklung legen, die an die Buchsen geführt wird. Durch Anwendung einer reichlichen Siebung tritt geringe Brummspannung auf. Die Absicherung des Netztransformators erfolgt in der Minusleitung der Gleichspannung mit einer Feinsicherung von 250 mA. Man sollte es sich zur Regel machen, auch die Primärseite des Netztransformators abzusichern (etwa 2 A). Die Abschaltung vom Stromnetz erfolgt durch einen zweipoligen Kippschalter.
Nach der Siebkette kann eine Gleichspannung von etwa 350 V entnommen werden, die in ihrer Größe natürlich belastungsabhängig ist. Eine Glimmlampe zeigt die Betriebsbereitschaft des Stromversorgungsgerätes an, sobald sich die Gleichspannung aufgebaut hat. Diese Spannung von 350 V kann an der Chassis-Rückseite an einer Doppelbuchse zweipolig entnommen werden. Alle anderen Spannungen sind an der Vorderseite an den dort befindlichen Buchsen doppelt entnehmbar, links die Heizspannungen, rechts die stabilisierten Gleichspannungen. Für die Stabilisierung wurde

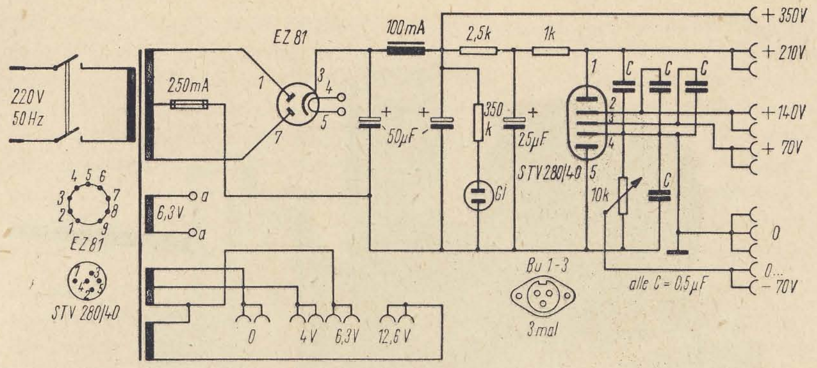


Bild 171. Schaltung des großen Stromversorgungsgerätes

ein Mehrstrecken-Stabilisator StR 280/40 verwendet, dem man vier Spannungen in Intervallen von je 70 V entnehmen kann. Die Anschaltung an die Gleichspannung erolgt über einen Vorwiderstand, der den Strom durch den Stabilisator auf maximal 40 mA begrenzt. Dazu schaltet man in die Minusleitung des Stabilisators einen Strommesser und stellt den Vorwiderstand 2,5 kΩ (Drahtwiderstand mit verschiebbarer Schelle) auf die angegebene Stromstärke ein. Wird die vorletzte Elektrode als Nullpotential für die stabilisierten Gleichspannungen verwendet, dann erhält man an der letzten Glimmstrecke eine umgekehrt gepolte Gleichspannung von —70 V. Diese negative Spannung wird als Gittervorspannung oder Speisespannung für Transistorschaltungen verwendet. Da hierbei die Belastungen gering sind, kann man durch ein als Spannungsteiler geschaltetes Potentiometer diese negative Spannung regelbar ausführen. Die stabilisierten Gleichspannungen sind mit etwa 30 mA belastbar.

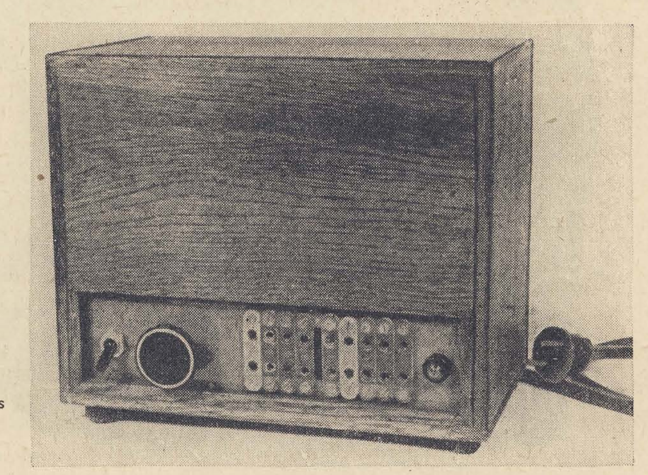


Bild 172. Ansicht des Stromversorgungsgerätes im Holzgehäuse

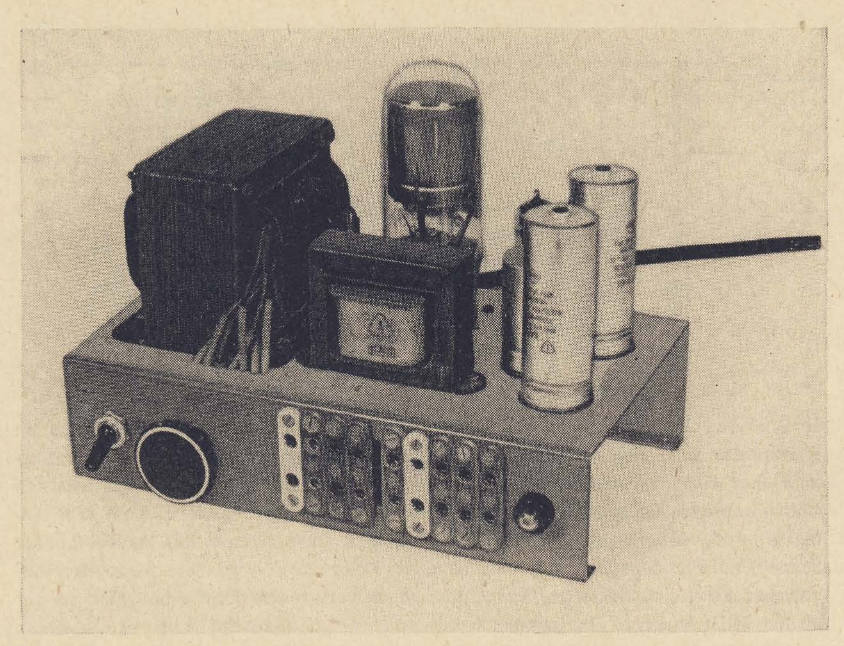


Bild 173. Chassisansicht des großen Stromversorgungsgerätes

Bild 174. Unterhalb des Chassis ist die Verdrahtung zu erkennen

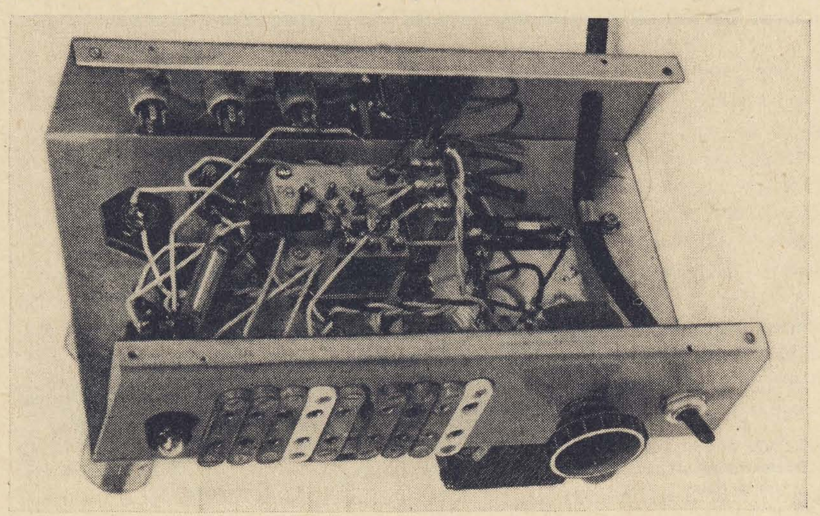


Bild 171 zeigt die Schaltung des Stromversorgungsgerätes. Zu beachten ist, daß die Elektrolytkondensatoren isoliert vom Chassis aufgebaut werden müssen. Das Chassis selbst stellt man aus 2 mm starkem Alu-Blech her. Die Chassisfläche beträgt etwa 250 · 150 mm, die Chassishöhe etwa 60 mm. Mit diesen Maßen lassen sich alle Bauteile gut unterbringen. Der Einbau kann in ein Holzgehäuse erfolgen. Es muß unten einen entsprechenden Ausschnitt an der Frontseite erhalten, damit die Chassisfrontseite zugänglich ist. Wie das Gerät im Endzustand aussieht, lassen die beigefügten Fotos, Bild 172 bis Bild 174 erkennen. Die Maßskizzen für das Gehäuse und das Chassis zeigen Bild 175 und 176.

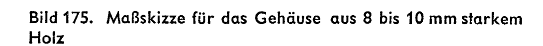
Zu den Bauteilen wurde schon einiges gesagt. Die Elektrolytkondensatoren sollen eine Betriebsspannung von 500 V aufweisen. Für die Siebdrossel genügt eine Ausführung für 80 bis 100 mA. Das Potentiometer soll möglichst eine Drahtausführung sein. Der Ohm-Wert ist nicht kritisch, er kann zwischen 5 und 25 kOhm liegen.

Will man eine Versuchsschaltung mit diesem Stromversorgungsgerät betreiben, so können die notwendigen Spannungen an den vorn befindlichen Buchsen entnommen werden. Die Verteilung auf der Vorderseite des Chassis ist folgende: Links befindet sich der Netzschalter, dann folgt der Regler für die negative Gleichspannung und ganz rechts die Glimmlampe. Die Doppelbuchsen sind so angeordnet: links die Buchsen für die Heizspannungen (0—4—6,3 und 12,6 V), rechts die Buchsen für die stabilisierten Gleichspannungen (—70 V; Null; +70 V; +140 V; +210 V). Die Doppelbuchsen sind jeweils parallelgeschaltet. Auf der Rückseite des Chassis befinden sich noch drei Mehrfachbuchsen (Dioden-Buchsen), an die Geräte zur Stromentnahme angeschlossen werden können.

Materialliste für das Stromversorgungsgerät

1 Netztransformator N 102/U (G. Neumann)
1 Siebdrossel 150 mA (G. Neumann)
1 Röhre EZ 81
1 Stabilisator StR 280/40
2 Elektrolytkondensatoren 50 μF—500 V
1 Elektrolytkondensator 25 μF—500 V
1 Drahtpotentiometer 10 kOhm
2 Blockkondensatoren 2 · 0,5 μF—250 V
1 Glimmlampe mit Fassung
1 Kippschalter — 2polig
1 Feinsicherung 250 mA
1 Sicherungsbrettchen

3 Steckerbuchsen — 3polig
10 Doppelbuchsen
1 Röhrenfassung — 9polig
1 Röhrenfassung — 5polig
1 Widerstand 350 kOhm-0,5 W
1 Drahtwiderstand 2,5 kOhm—15 W
1 Drahtwiderstand 1 kOhm—6 W
1 Drehknopf
1 Netzstecker
1 Netzkabel — 2adrig, 1,5 m lang
Schaltdraht


Bild 175. Maßskizze für das Gehäuse aus 8 bis 10 mm starkem Holz

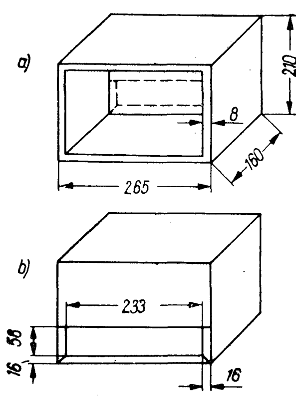


Bild 176. Maßskizze des Chassis mit Angabe der Befestigungslöcher, Durchführungen und Biegekanten. Die Breite des Buchsenausschnittes beträgt 100 mm

1.7 Stromversorgung mit Batterien

Will man Geräte im Gelände verwenden, so muß man eine Stromversorgung durch Batterien vorsehen, da nur in den seltensten Fällen ein Anschluß an das Stromnetz möglich ist. Außerdem sollen transportable Geräte ja ein möglichst geringes Gewicht aufweisen, da auch der Transport eine Rolle spielt. Für solche Fälle ist die Transistortechnik besonders gut geeignet, weil man leicht und klein bauen kann. Aber noch nicht alle Probleme lassen sich heute mit Hilfe von Transistoren lösen.
Speziell für transportablen Betrieb wurden die Batterieröhren der Miniatur- und der Subminiaturröhrenreihe entwickelt. Diese Röhren sind bezüglich des Stromverbrauches besonders sparsam ausgelegt. Die Heizspannung beträgt 1,4 bzw. 1,2 V, der Heizstrom liegt zwischen 25 und 50 mA. Zur Heizung verwendet man Monozellen, die eine Spannung von 1,5 V abgeben. Zweckmäßigerweise schaltet man in einem Gerät alle Heizfäden parallel. Je nach der Anzahl der Batterieröhren und der geforderten Betriebsdauer wird man eine oder zwei Monozellen verwenden.
Für die Anoden- und die Schirmgitterspannung eignet sich eine Anodenbatterie von z. B. 67,5 V, die mit verhältnismäßig kleinen Abmessungen geliefert wird. Damit ist eigentlich die Stromversorgung für ein mit Batterieröhren bestücktes Gerät schon komplett.
Zu klären wäre noch die Erzeugung der Gittervorspannung. Da die Batterieröhren eine direkt geheizte Katode besitzen, also Heizfaden und Katode direkt miteinander verbunden sind, kommt die Anwendung eines kapazitiv überbrückten Katodenwiderstandes nicht in Frage. Man nutzt deshalb in der Minusleitung durch einen Widerstand den Spannungsabfall durch den Gesamt-Anodenstrom aus. Näheres dazu bei den angegebenen Batterieschaltungen (Teil II, Kapitel 2.1).
Über die Stromversorgung von Transistorschaltungen, die in den weitaus meisten Fällen durch Batterien erfolgt, wurde bereits in Abschnitt 4.6, Teil I, einiges gesagt. Weitere Hinweise findet man in Teil III dieses Buches.

2. EMPFÄNGER FÜR KURZ-MITTEL-LANG

2.1 Batterie-Einkreisempfänger

Dieser einfache Kofferempfänger ist besonders zum Nachbau durch den Anfänger geeignet. Die Schaltung stellt eine rückgekoppelte Audionstufe mit einer nachfolgenden Lautsprecherstufe dar. Verwendet wurden die Röhren DF 96 und DL 96, die einen sparsamen Stromverbrauch garantieren. Die Schaltung ist sehr unkompliziert gehalten, damit der Anfänger nicht gleich vor zu vielen Schwierigkeiten steht. Das Gerät wurde im Berliner Raum ausprobiert und brachte eine befriedigende Wiedergabe der Ortssender. Natürlich kann von einer derartig einfachen Schaltung nicht zuviel verlangt werden. Aber für den Anfänger ist diese Schaltung zum Kennenlernen der Zusammenhänge besonders günstig. Das Gerät wurde jedoch so konstruiert, daß man es bei Verwendung der entsprechenden zusätzlichen Bauteile später auch zu einer Superhetschaltung umbauen kann, die wesentlich bessere Ergebnisse bringt.

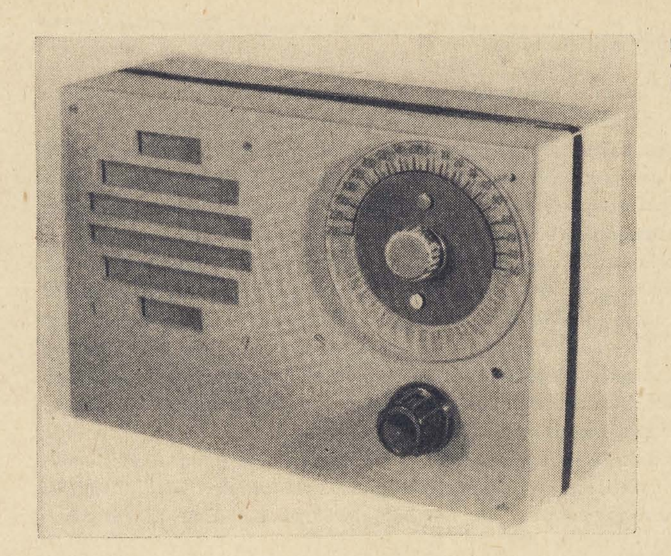


Bild 177. Vorderansicht des Batterie-Einkreisempfängers

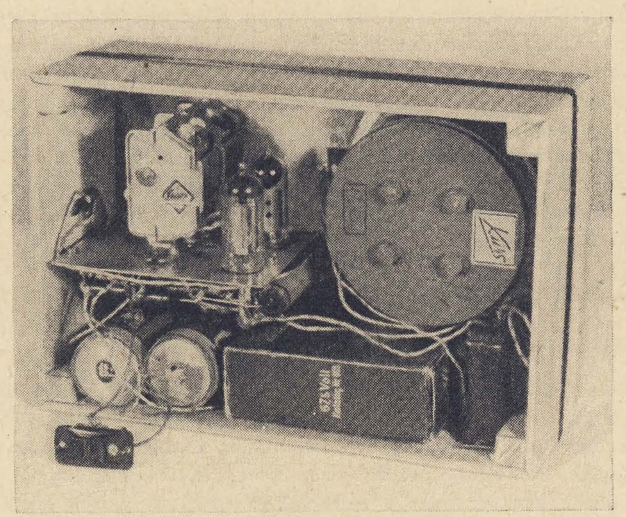


Bild 178. Rückansicht des Batterie-Einkreisempfängers

Bild 177 zeigt die Vorderansicht des beschriebenen Kofferempfängers. Hinter den Schlitzen ist der Lautsprecher angeordnet. Rechts oben befindet sich eine Skalenscheibe aus Plexiglas, mit der die Senderabstimmung vorgenommen wird. Darunter ist der Drehknopf für die Rückkopplung. Auf dem Gehäuserahmen sind die Gitterkreisspule und die Rückkopplungsspule als Rahmenantenne angebracht. Das Holzgehäuse wurde aus Sperrholz gefertigt (Rahmen und Frontplatte 4-mm-, Rückseite mit 2-mm-Sperr-

holz). Frontplatte und Rückwand sind von außen auf den Rahmen aufgesetzt. Bild 178 zeigt die Rückansicht des Gerätes. In den Ecken sind die Vierkanthölzer zu erkennen, mit denen der Rahmen verleimt wurde. Es empfiehlt sich dabei, die Rahmenplatten an den Leimstellen auf 45° abzufeilen.

Nach Anbringen der Rahmenantenne wird der Rahmen mit Kunstleder bespannt. Frontplatte und Rückwand bestreicht man mehrmals mit Fahrradlack bis sie ein glattes, gefälliges Aussehen haben. In Bild 178 erkennt man links oben die Chassisplatte mit dem Drehkondensator und den Röhren. Rechts daneben ist der Lautsprecher angeordnet. Darunter befinden sich von rechts nach links der Ausgangstransformator, die Anodenbatterie und die zwei Monozellen für die Röhrenheizung. Vor den Monozellen liegt der Ausschalter. Dafür wurde ein Schiebeschalter verwendet, der an der Rückwand befestigt wird.

Bild 179 zeigt die Schaltung des Kofferempfängers. Der Schwingungskreis wird mit dem Drehkondensator von 500 pF abgestimmt. Es wurde im Hinblick auf den späteren Ausbau des Empfängers ein Miniaturtyp in Zweigangausführung 2 · 500 pF der OHG Elektro, Schalkau/Thür., verwendet, bei dem in dieser Schaltung nur ein Plattenpaket angeschlossen wird. Die Rückkopplung regelt der Drehkondensator von 250 pF, für den ein normaler Hartpapier-Drehkondensator Anwendung findet. Bei den angegebenen Gehäuseabmessungen (Bild 180) besitzt die Schwingkreisspule 17 Windungen, die Rückkopplungsspule 6 Windungen. Verwendet wird Hochfrequenzlitze. Beide Wicklungen sind nebeneinander angeordnet. Die Audionröhre richtet die Hochfrequenz gleich, und über den Kondensator von 10 nF gelangt die entstandene, verstärkte Niederfrequenz zum Steuergitter der Lautsprecherröhre DL 96.

Zwischen Anode und Schirmgitter der DL 96 liegt der Ausgangstransformator Tr, an den der Lautsprecher angeschlossen ist. Verwendet wurde ein 1-W-Lautsprecher der Firma Kurs, Berlin. Der Lautsprecher hat einen Durchmesser von 85 mm. Ein kleinerer Lautsprecher empfiehlt sich nicht, da dann der Wirkungsgrad zu gering ist. Die Primärimpedanz des Ausgangstransformators beträgt etwa 10 bis 13 kOhm, während die Sekundärseite mit dem Lautsprecherwiderstand übereinstimmen muß. Die Gittervorspannung für die Lautsprecherröhre wird durch den Widerstand von 500 Ohm erzeugt. Alle Bauteile sind handelsüblich und können durch den Fachhandel bezogen werden.

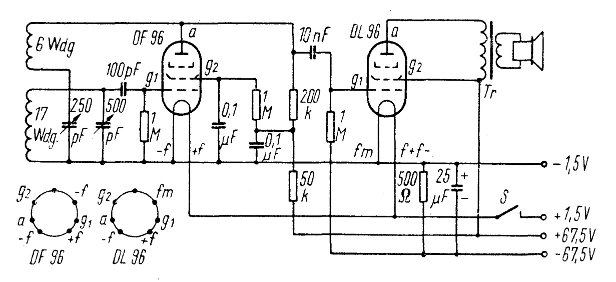


Bild 179. Schaltung des Batterie-Einkreis-empfängers

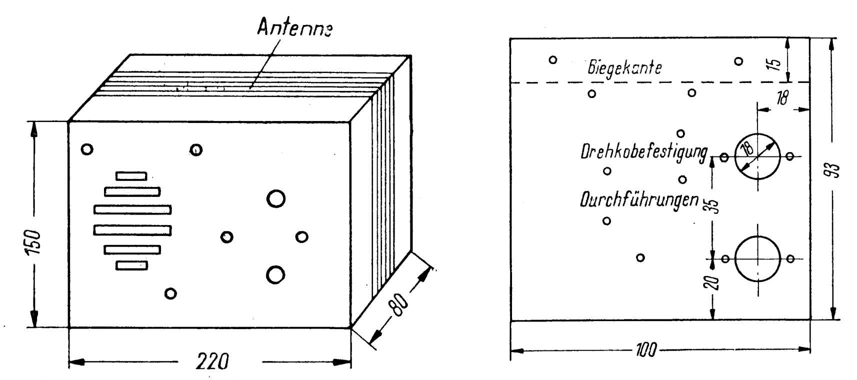


Bild 180 (links). Maßskizze für das Gehäuse des Batterie-Einkreisempfängers
Bild 181 (rechts). Maßskizze für das Chassis des Batterie-Einkreisempfängers

Als Batterien finden eine 67,5-V-Anodenbatterie und zwei parallelgeschaltete 1,5-V-Monozellen Verwendung. Während man die Anodenbatterie durch Druckknöpfe anschließt, sind die Monozellen einzulöten. Bei genügend handwerklichem Geschick kann man für die Monozellen auch eine Klemmvorrichtung vorsehen. Dazu wird zweckmäßig der Platz mit der Anodenbatterie ausgetauscht.
Bild 181 gibt die Maße für die Chassisplatte des kleinen Kofferempfängers an. Zur Befestigung der einzelnen Bauelemente dient eine kleine Lötösenleiste, an die auch die Batterien angeschlossen werden.

Stückliste

3 Widerstände, 1 MΩ, 0,25 W
1 Widerstand, 200 kΩ, 0,25 W
1 Widerstand, 50 kΩ, 0,25 W
1 Widerstand, 500 Ω, 0,5 W
1 Kondensator, 100 pF, 250 V
1 Kondensator, 10 nF, 250 V
2 Kondensatoren, 0,1 µF, 250 V
1 Elektrolyt-Kondensator, 25 µF, 6 V
1 Hartpapier-Drehko, 250 pF
1 Zweigang-Drehko, 2 · 500 pF
1 Lautsprecher, 1 W/15 Ω
1 Ausgangstrafo, 10 kΩ/15 Ω
1 Anodenbatterie 67,5 V
2 Monozellen, 1,5 V
1 Schiebeschalter, 1polig
1 Röhre, DF 96
1 Röhre, DL 96

2.2 Allstrom-Einkreisempfänger

Mit nur einer Elektronenröhre ist der nachfolgend beschriebene Allstrom-Einkreisempfänger bestückt. Die verwendete Röhre UCL 82 besitzt ein Triodensystem zur Vorverstärkung und ein Pentodensystem als Endverstärker. Das Triodensystem wird als Audion geschaltet und dient damit zur Demodulation der empfangenen modulierten Hochfrequenzspannung. Diese Demodulation erfolgt zwischen Katode und Gitter der

Audionröhre ähnlich wie bei einer Diode. Zwischen Gitter und Anode wird die erhaltene Niederfrequenzspannung verstärkt. Das Pentodensystem arbeitet als RC-gekoppelter Endverstärker.
Als Spulensatz wird der Einkreis-Spulensatz ES 2 der Hochfrequenzwerkstätten Meuselwitz verwendet (Bild 182). Dieser Spulensatz besitzt neben dem Lang- und Mittelwellenbereich zwei Kurzwellenbereiche (I 12 bis 26 m und II 22 bis 52 m). Der eingebaute Verkürzungskondensator ergibt eine Spreizung der beiden KW-Bereiche, die eine fühlbare Erleichterung bei der Einstellung in diesen Wellengebieten darstellt. Durch die kleinere Variation wurden aber vor allem die Rückkopplungsverhältnisse günstiger gestaltet, so daß daraus eine wesentlich höhere Empfindlichkeit resultiert. Die Antennenkopplung ist niederinduktiv. Zwischen Antennenbuchse und Spulensatz sowie zwischen Erdbuchse und Spulensatz wird je ein Schutzkondensator von 5 nF geschaltet. Das ist bei Allstromgeräten notwendig. weil ein Netzpol mit dem Chassis in Verbindung steht.
Das Eingangssignal gelangt von der Antenne induktiv an den Gitterschwingkreis, der mit einem normalen Drehkondensator von 500 pF abgestimmt wird. Über einen Kondensator von 100 pF gelangt die Eingangsspannung an das Steuergitter der Triode. Als Gitterableitwiderstand dient der Widerstand von 2 MOhm. Im Anodenkreis fällt am Arbeitswiderstand von 200 kOhm die verstärkte NF-Spannung ab, die über 10 nF dem Steuergitter des Pentodensystems zugeführt wird. Im Anodenkreis der Triode nutzt man die noch vorhandene restliche HF-Spannung zur Rückkopplung aus. Zu diesem Zweck wird die restliche HF-Spannung über den Differential-Hartpapierdrehkondensator von 2 · 200 pF der Rückkopplungsspule zugeführt. Die Rückkopplung verbessert die Empfindlichkeit und Trennschärfe dieses kleinen Gerätes wesentlich.

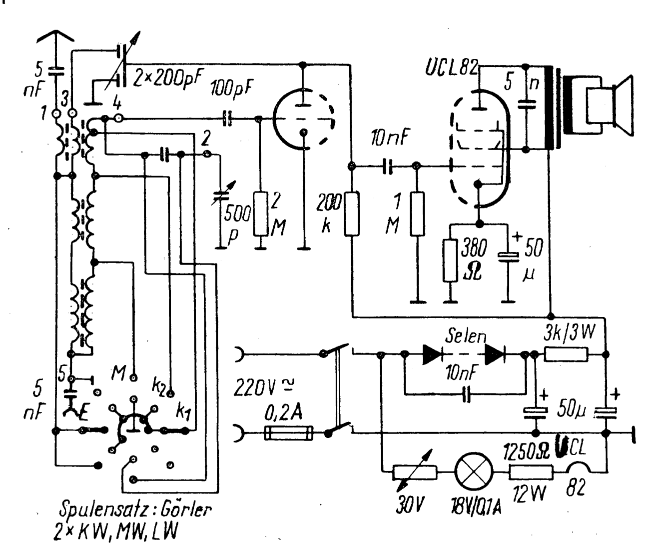
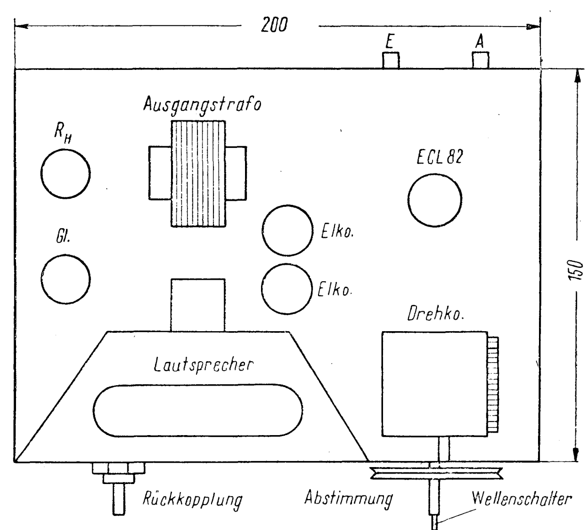


Bild 182. Schaltung für den Allstrom-Einkreisempfänger

Bild 183. Aufbauschema für das Chassis des Allstrom-Einkreisempfängers.
(Die Röhrenbezeichnung lautet richtig „UCL 82")



Da die Röhre UCL 82 getrennte Katoden besitzt, wird die Gittervorspannung für das Pentodensystem durch eine Katodenkombination erzeugt (380 Ohm/50 μF). Im Anodenkreis der Pentode liegt der Ausgangstransformator, der bei dieser Röhre eine Primärimpedanz von 5,6 kOhm besitzen soll. Als Lautsprecher empfiehlt sich ein permanentdynamisches System mit einer Belastbarkeit von etwa 3 VA.
Die Stromversorgung erfolgt in Allstromschaltung. Im Heizkreis liegt ein Heißleiter (30 V/0,1 A) zur Strombegrenzung beim Einschalten, eine Skalenlampe (18 V/0,1 A), der Heizwiderstand und der Heizfaden der Röhre ECL 82. Die Gleichrichtung erfolgt durch einen Selengleichrichter, dem zur Unterdrückung eines abstimmbaren Modulationsbrummens ein Kondensator von 10 nF parallelgeschaltet ist. Die Siebung der gleichgerichteten Wechselspannung erfolgt durch eine RC-Siebkette, bestehend aus zwei Elektrolytkondensatoren von 50 μF (350/385 V) und dem Siebwiderstand von 3 kOhm. Für den Aufbau dieses Gerätes wird ein vorn und hinten abgebogenes Chassis aus 2 mm starkem Alublech verwendet. Ein Aufbaubeispiel zeigt Bild 183, aus dem die Anordnung der einzelnen Bauteile hervorgeht. Beim Einbau in ein geeignetes Gehäuse ist darauf zu achten, daß das Chassis berührungssicher untergebracht wird. Das trifft auch für die Madenschrauben der Drehknöpfe zu, die entsprechend abzudecken sind. Denn wenn die Netzphase auf dem Chassis liegt, besteht die Gefahr, daß man einen recht spürbaren elektrischen Schlag erhält.
Eine Klangkorrektur ist nicht vorgesehen, lediglich zur Höhenbeschneidung liegt parallel zur Primärspule des Ausgangstransformators ein Kondensator von 5 nF. Soll eine zusätzliche Lautstärkeregelung neben der Rückkopplungsregelung durchgeführt werden, so muß man den Gitterableitwiderstand von 1 MOhm des Pentodensystems durch ein gleichwertiges Potentiometer mit logarithmischer Kennlinie ersetzen.

Stückliste

1 Drehkondensator (Luft) 500 pF
1 Differential-Hartpapierdrehkondensator 2 · 200 pF
1 Spulensatz ES 2 (HFW, Meuselwitz)
1 Röhre UCL 82
1 Selengleichrichter 250 V, 60 mA
2 Elektrolytkondensatoren 50 µF (350/385 V)
1 Elektrolytkondensator 50 µF (30/35 V)
1 Ausgangstransformator (pr. 5,6 kOhm)
1 Lautsprecher 3 VA
1 Heißleiter 30 V, 0,1 A
1 Kondensator 100 pF/250 V
3 Kondensatoren 5 nF/500 V
2 Kondensatoren 10 nF/250 V
1 Widerstand 2 MOhm/0,25 W
1 Widerstand 1 MOhm/0,25 W
1 Widerstand 200 kOhm/0,5 W
1 Widerstand 1250 Ohm/12 W
1 Widerstand 3 kOhm/3 W
1 Widerstand 380 Ohm/1 W
1 Skalenlampe 180/0,1 A mit Fassung
1 Feinsicherung 0,2 A mit Fassung

2.3 Wechselstrom-Einkreisempfänger

Für den Anfänger ist die Schaltung eines Einkreis-Geradeausempfängers besonders gut geeignet, um in die Geheimnisse der Funktechnik und des Selbstbaues von Funkgeräten einzudringen (Bild 184).
Derartige Schaltungen sind einfach zu überblicken, nicht besonders kompliziert in Aufbau sowie Abgleich und liefern dennoch gute Empfangsergebnisse, wenn eine einigermaßen brauchbare Hochantenne zur Verfügung steht. Das Herz der Schaltung bildet der handelsübliche Neumann-Einkreis-Spulensatz Sp 122 mit den Wellen-

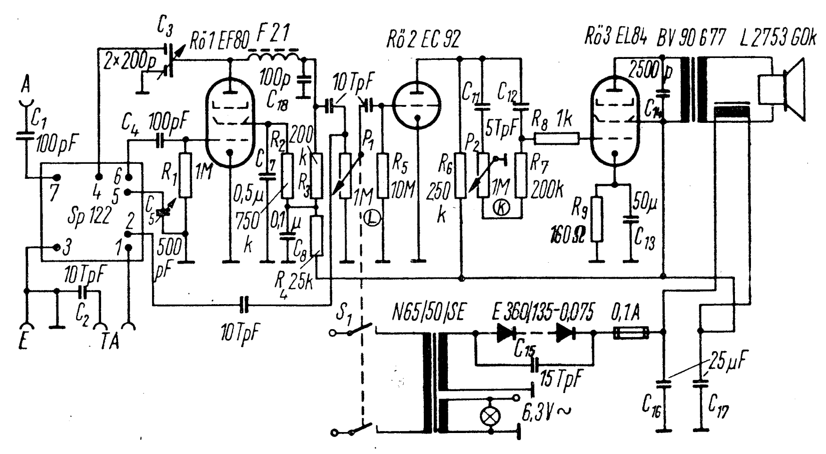


Bild 184. Schaltung für den Wechselstrom-Einkreisempfänger

bereichen; Kurzwelle I (15,5 bis 25 m), Kurzwelle II (25 bis 60 m), Mittelwelle (185 bis 590 m) und Langwelle (750 bis 2000 m). In der fünften Schaltstellung liegt der Tonabnehmereingang über C 6 am Lautstärkeregler P 1. Der Rückkopplungsdrehkondensator C 3 ist ein Differential-Drehko aus Hartpapier. Von der Antennenbuchse gelangt die HF-Energie über C 1 an den Spulensatz. Die Senderauswahl erfolgt mit dem Drehkondensator C 5, einem handelsüblichen Luft-Drehko. In der Audionröhre EF 80 erfolgt die Gleichrichtung, d. h. Trennung von HF-Träger und NF-Modulation. Die Niederfrequenz passiert das Filter F 21, das etwaige HF-Störreste unterdrückt. Über C 9 gelangt die NF an den Lautstärkeregler P 1 und von dort über C 10 an das Steuergitter der NF-Vorverstärkerröhre EC 92. Die Gittervorspannung erzeugt der Anlaufstrom an dem sehr hohen Gitterableitwiderstand R 5 dieser Röhre. Die verstärkte NF-Spannung wird am Außenwiderstand R 6 abgenommen und gelangt über den Kondensator C 12 an das Gitter der Endröhre EL 84, die als Leistungsverstärker arbeitet und über den Ausgangsübertrager den Lautsprecher speist. Die Gittervorspannung wird durch die Katodenkombination R 9/C 13 erzeugt.
Eine Klangregelung bewirkt das regelbare RC-Glied C 11/P 2. Liegt der Schleifer des Potentiometers P 2 am oberen Ende, dann erfolgt eine Höhenbeschneidung infolge des an Masse liegenden Kondensators C 11. Der Gitterableitwiderstand beträgt in diesem Fall 1,2 MOhm. Wird P 2 nach der anderen Seite geregelt, so ist der Kurzschluß für die Höhen aufgehoben, dafür aber der Gitterableitwiderstand verkleinert, bis er in Endstellung nur noch 200 kOhm beträgt. Dadurch verlagert sich die untere Grenzfrequenz nach höheren Frequenzen hin.
Das Gerät wurde für Wechselstrom 220 V 50 Hz ausgelegt. Die Gleichspannung gewinnt man durch Einweg-Gleichrichtung. Der Kondensator C 15 dient zur Unterdrückung abstimmbaren Netzbrummens. Durch eine Sicherung 0,1 A wurde die Gleichspannung abgesichert. Die Erregerspule des Lautsprechers bildet mit den Elektrolytkondensatoren C 16 und C 17 eine Siebkette zur Glättung der Gleichspannung. Verwendet man an Stelle des elektrodynamischen Lautsprechers ein permanentdynamisches Chassis, so muß statt der Erregerspule eine Netzdrossel (z. B. Neumann D 55/60) eingesetzt werden. Neben dem angegebenen Netztransformator ist jeder andere brauchbar, der eine Anodenwicklung von etwa 250 bis 300 V/60 mA und eine Heizwicklung 6,3 V/1,5 A besitzt.
Auch andere Röhren können benutzt werden, so 6 SJ 7, 6 J 5 und 6 V 6 bzw. EF 12, EF 12 (als Triode) und EL 11. Der Außenwiderstand der Röhre EL 84 beträgt 5,5 kOhm. Bei anderen Lautsprechern und Röhren ist darauf zu achten, daß ein geeigneter Ausgangsübertrager genommen wird. Die Primärimpedanz muß mit dem Ausgangswiderstand der Röhre übereinstimmen, während die Sekundärimpedanz der Impedanz der Schwingspule des Lautsprechers entsprechen muß.
Der Bau des Chassis ist nicht schwierig, wenn der Aufbauplan (Bild 185) und der Bohrplan (Bild 186) benutzt wird. Werden andere Teile verwendet, so muß man das entsprechend berücksichtigen. Zum Chassisbau wird 1-mm-Eisenblech oder 2-mm-Alublech verwendet. Trockengleichrichter, Ausgangsübertrager und Drehkondensator befestigt man mit kleinen Winkeln. Ist das Gerät fertiggestellt, dann wird ein geeignetes

Bild 185. Aufbauschema für das Chassis des Wechselstrom-Einkreisempfängers

Bild 186. Maßskizze für die Abmessungen und die Bohrungen des Chassis

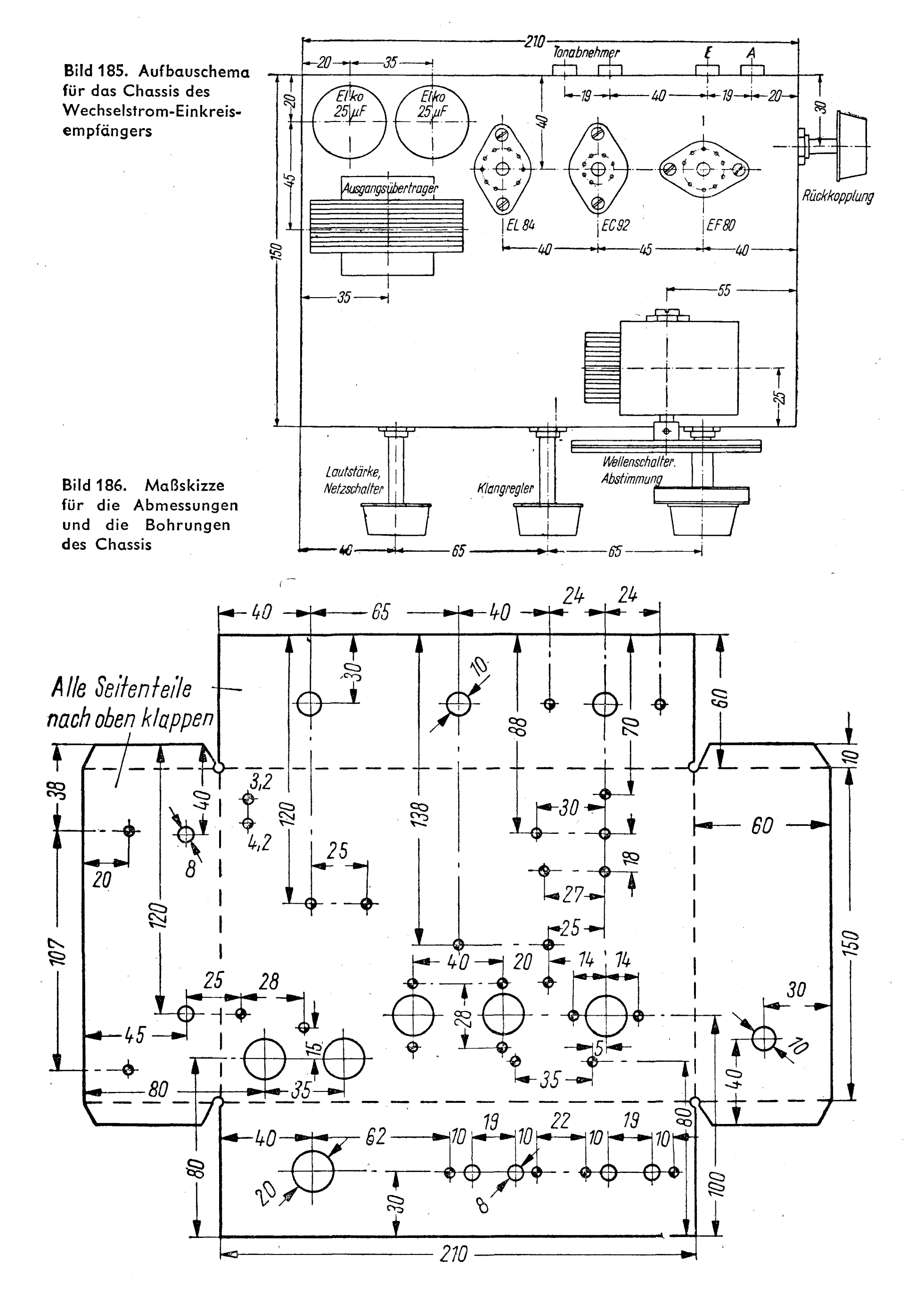
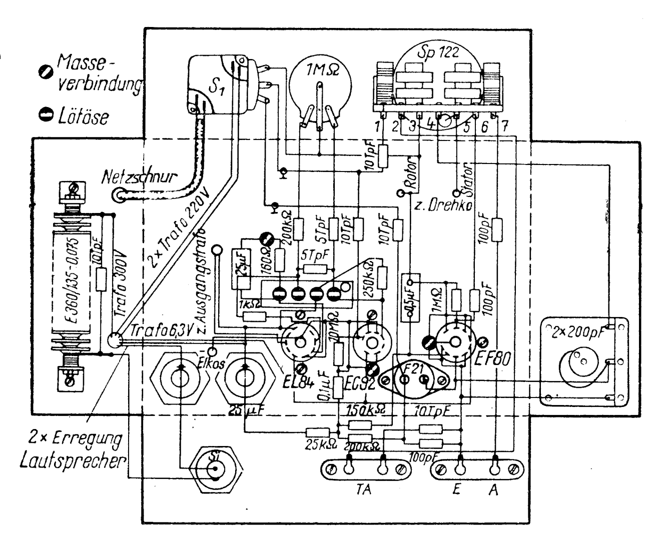


Bild 187. Verdrahtungsplan für den Wechselstrom-Einkreisempfänger



Gehäuse entworfen und gebaut. Der Lautsprecher sitzt neben dem Drehkondensator und vor dem Ausgangsübertrager, während man den Netztransformator neben dem Chassis anordnet.

Die Verdrahtung des Gerätes entnimmt der Ungeübte dem beigefügten Verdrahtungsplan (Bild 187). Vor dem Röhrensockel der Röhre EL 84 wird eine vierpolige Lötösenleiste angeordnet, die einigen Bauelementen den notwendigen Halt gibt. Abzuschirmen sind lediglich die zwei Zuführungen zum Lautstärkeregler P 1, die von C 9 und C 10 ausgehen.

Bild 188 zeigt die Draufsicht, Bild 189 die Verdrahtung und Anordnung unter dem Chassis des Wechselstrom-Einkreisempfängers.

Stückliste

C 1, C 4, C 18 100 pF/250 V
C 2, C 6, C 9, C 10, C 15
10 nF/250 V
C 3 2 · 200 pF (Hartpapier)
C 5 45...500 pF (Luftdrehko)
C 7 0,5µF/250 V (Becher)
C 8 0,1µF/250 V
R 4 25 kΩ/0,5 W
R 5 10 MΩ/0,5 W
R 6 250 kΩ/0,5 W
R 8 1 kΩ/0,25 W
R 9 160 Ω/2 W
C 11, C 12 5 nF/250 V
C 13 50µF/35 V (Elektrolyt)
C 14 2500 pF/250 V
C 16, C 17 25µF/350 V (Elektrolyt)
R 1 1 MΩ/0,25 W
R 2 750 kΩ/0,5 W
R 3, R 7 200 kΩ/0,5 W
Trockengleichrichter
E 360/135—0,075 (RFT)
Lautsprecher L 2753 GOK
(FW Leipzig)
(elektrodynamisch, oval)

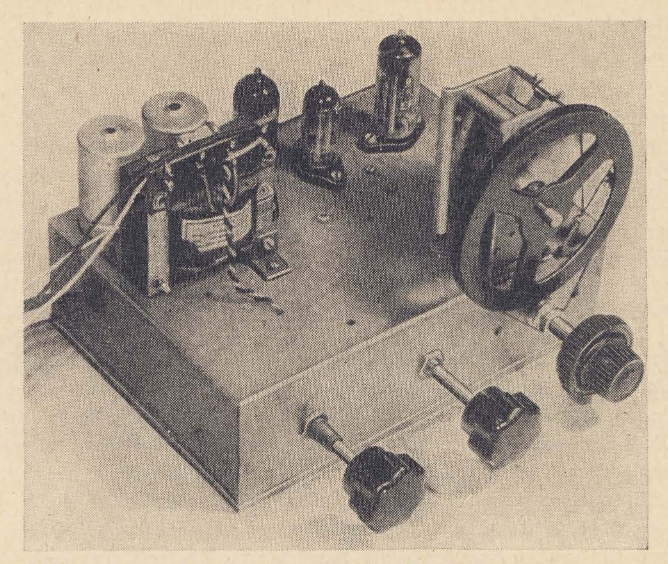


Bild 188. Blick auf das Chassis des fertiggestellten Empfängers

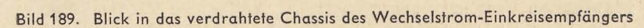
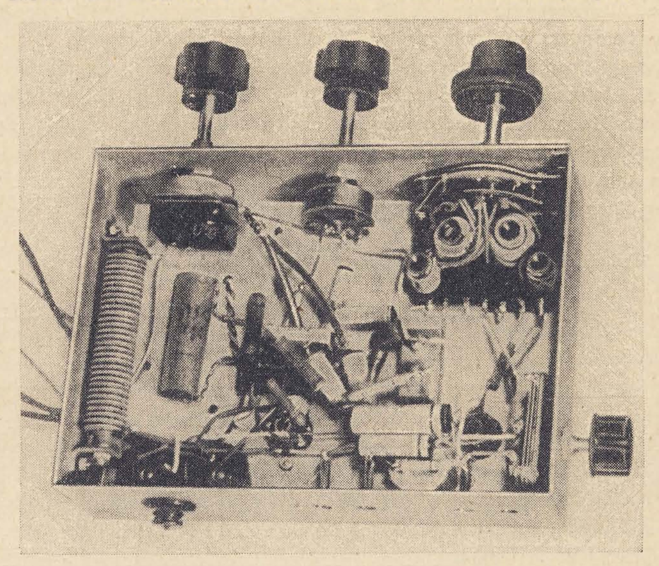


Bild 189. Blick in das verdrahtete Chassis des Wechselstrom-Einkreisempfängers

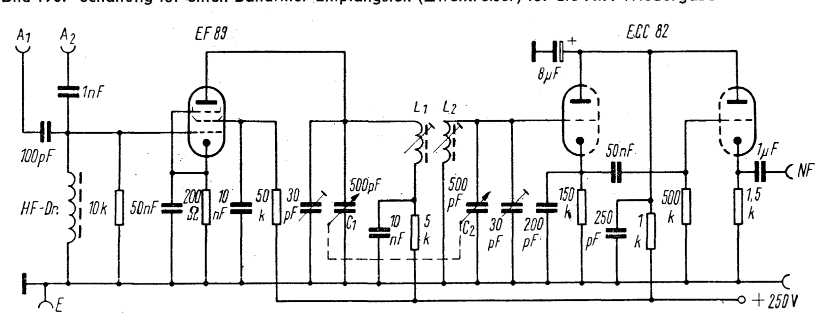


P 1 1 MΩ/log. mit 2poligem Schalter
P 2 1 MΩ/log.
Einkreis-Spulensatz Sp 122
(Neumann)
Rö 1 EF 80
Rö 2 EC 92
Rö 3 EL 84
Netztransformator N 65/50/SE
(Neumann)
Ausgangsübertrager BV 90 677
(FW Leipzig)
HF-Drossel F 21
(HFW, Meuselwitz)
Feinsicherung 0,1 A (träge)
3 Stück Röhrenfassungen (Lanco)
2 Stück Doppelbuchsen (Lanco)
Sicherungselement (RFT)
Skalenrad 100 mm ⌀

2.4 MW-Empfangsteil für Musikanlage

Im modernen Sprachgebrauch bezeichnet man mit HiFi-Wiedergabe (high fidelity = große Genauigkeit) eine qualitativ gute Wiedergabe von Rundfunksendungen, Schallplatten oder Tonbandaufnahmen. Für Rundfunksendungen bereitet das mit einem guten UKW-Empfangsteil keine Schwierigkeit. Allerdings ist das bei Mittelwelle schon wesentlich anders. Die Lang- und Kurzwellen sind wegen der auftretenden atmosphärischen Störungen sowieso für den HiFi-Empfang nicht zu verwenden.
Benutzt man bei Mittelwelle eine Superhetschaltung zum Empfang, so ist infolge der nicht genügend großen Bandbreite der Bandfilter im ZF-Verstärker kein Qualitätsempfang möglich. Man wendet deshalb besser Geradeausempfängerschaltungen an. Den rückgekoppelten Einkreiser können wir dabei außer acht lassen, da die Audionschaltung unzulässige Verzerrungen hervorruft. Außerdem ist die Trennschärfe ungenügend. Durchgesetzt hat sich für solche Schaltungen die Zweikreiser-Schaltung mit einer besonders verzerrungsfreien Gleichrichtung der HF-Signale.
Bild 190 zeigt einen Schaltungsvorschlag für eine Empfangsschaltung mit zwei Kreisen. Die zwei Abstimmkreise sind dabei als Bandfilter geschaltet. Diese Schaltungsart ergibt gute Trennschärfe und ermöglicht auch einen einfachen Abgleich des fertiggestellten Gerätes. Es sind zwei Buchsen für den Anschluß einer Antenne vorgesehen. Längere Antennen werden bei A_1, kürzere Antennen bei A_2 angeschlossen. Die Verwendung einer Ferritantenne im Eingang empfiehlt sich nicht, da hierfür die Empfind-

Bild 190. Schaltung für einen Bandfilter-Empfangsteil (Zweikreiser) für die HiFi-Wiedergabe



lichkeit der Schaltung nicht groß genug ist. Die mit einem Widerstand von 10 kOhm bedämpfte HF-Drossel bildet die Eingangsschaltung, diese ist also nicht abgestimmt. Als HF-Verstärkerröhre wird die Röhre EF 89 verwendet, man kann aber auch die Röhren EF 80 oder EF 85 einsetzen. Die Katoden- und die Schirmgitterkombination ist wie üblich geschaltet.

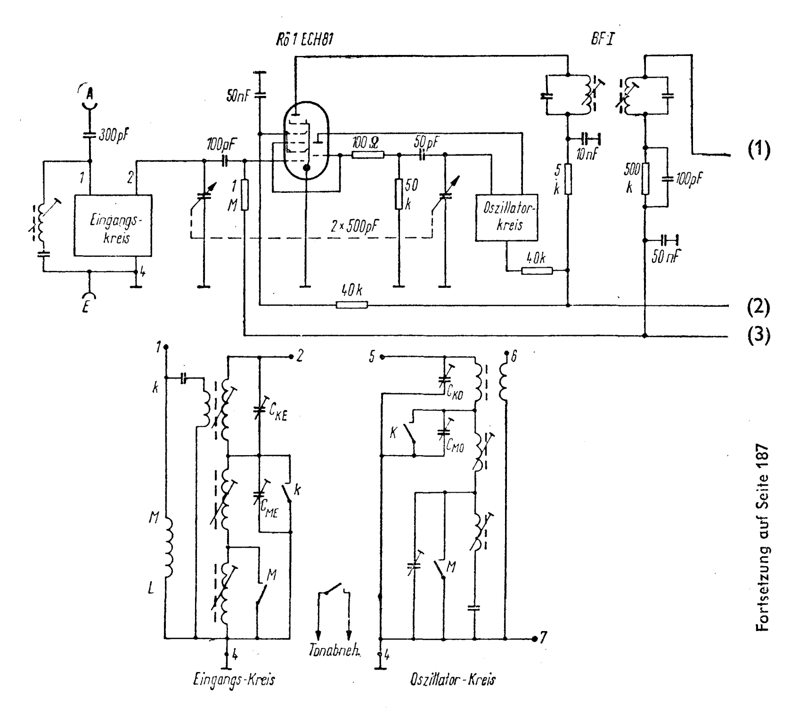
Von der Anode der Röhre EF 89 gelangt das Signal an den ersten Kreis des abstimmbaren Zweikreis-Bandfilters. Für die Abstimmung benutzt man einen normalen Zweifach-Abstimmdrehkondensator. Da durch die Schwingkreisspule L 1 der Anodenstrom fließt, wird das kalte Ende der Spule über 10 nF HF-mäßig geerdet. Der Sekundärkreis des Bandfilters bildet den Eingangskreis des nächsten Röhrensystems. Zur Gleichrichtung verwendet man die Katodendetektorschaltung, die in den letzten Jahren als besonders verzerrungsarmer HF-Gleichrichter vielfach empfohlen wurde. Das HF-Signal wird dabei dem Steuergitter zugeführt, die Anode ist durch einen großen Kondensator (8 μF) für diese Frequenzen geerdet. An der Katode wird das gleichgerichtete Signal entnommen. Bemerkenswert ist hierbei der große Wert des Katodenwiderstandes (150 kOhm).

Für den Katodendetektor lassen sich alle üblichen Trioden verwenden, in dem Beispiel wurde die Röhre ECC 82 eingesetzt. Das zweite Röhrensystem arbeitet als normale Anodenbasisstufe, und das Signal kann an der Katode niederohmig entnommen werden. Das ist günstig bei größerer Entfernung des Hauptverstärkers, da dadurch keine Brummeinstreuungen möglich sind. Allerdings ist die Verstärkung der Anodenbasisstufe geringer als Eins. Wird eine größere Ausgangsspannung benötigt, dann muß das letzte Röhrensystem als normaler NF-Verstärker geschaltet und das Signal an der Anode am Arbeitswiderstand entnommen werden.

Das Bandfilter besteht aus zwei Mittelwellenspulen, die sich in einem Abstand von etwa 40 mm gegenüberstehen. Die Induktivität einer Spule muß etwa 180 μH betragen. Je nach der verwendeten HF-Eisenkernspule ist die Windungszahl dann etwa 70 bis 90 Windungen. Verwendet wird die übliche HF-Litze 20 · 0,05. Der Vorabgleich kann mit einem Grid-Dip-Meter geschehen. Der eigentliche Abgleich sollte mit einem Prüfgenerator erfolgen. Ist ein solcher nicht vorhanden, dann kann man auch auf entsprechend eingestellte Rundfunksender abstimmen. Dabei muß man beachten, daß bei herausgedrehtem Drehkondensator mit dem Paralleltrimmer und bei hereingedrehtem Drehkondensator mit dem Abgleichkern des HF-Spulenkörpers abgeglichen wird. Dieser Vorgang ist mehrmals an beiden Bandenden zu wiederholen.

Die Qualität der Wiedergabe von Rundfunksendungen kann gesteigert werden, wenn man die Schwingungskreise des Bandfilters mit jeweils einem Widerstand von 200 kOhm bedämpft. Dadurch wird die Bandbreite des Bandfilters größer und die Höhenwiedergabe besser. Allerdings geht das auf Kosten der Trennschärfe, so daß ein Fernempfang mit diesem Gerät nicht mehr möglich ist. Wendet man diese Bedämpfung für den Empfang der Ortssender an, so erhält man eine ausgezeichnete Wiedergabe.

Der Aufbau bereitet keine besonderen Schwierigkeiten (siehe andere Beispiele zuvor). Die Stromversorgung ist gering (6,3 V/0,6 A und 250 V/8 mA) und kann meist aus dem nachgeschalteten Hauptverstärker bezogen werden, so daß ein besonderer Netzteil entfällt.



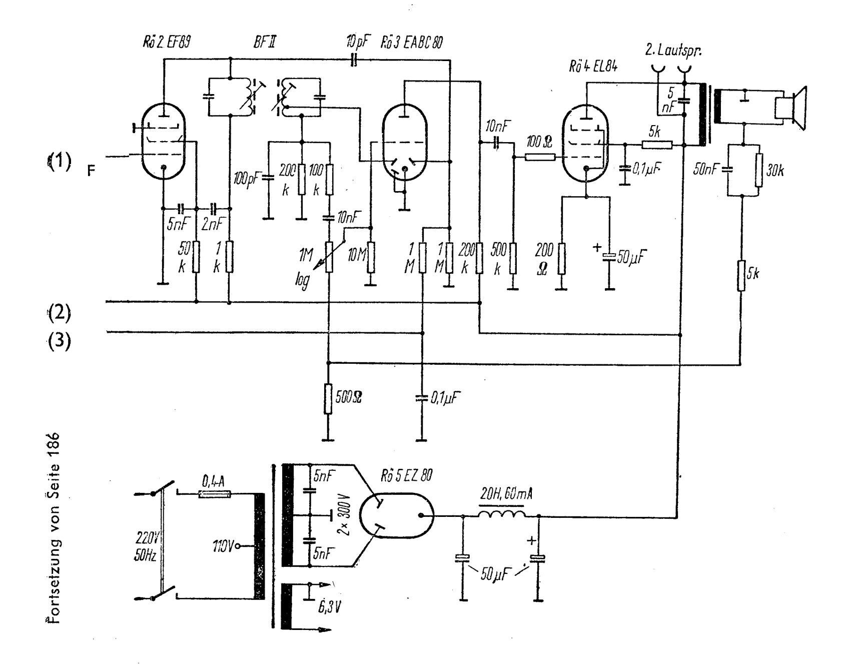
Fortsetzung auf Seite 187

Bild 191. Schaltung für den 6-Kreis-Superhetempfänger

2.5 6-Kreis-Superhetempfänger

Der Geradeausempfänger, ganz gleich ob Einkreis- oder Zweikreisschaltung, ist unkompliziert im Nachbau, befriedigt aber letzten Endes wegen seiner ungenügenden Trennschärfe nicht völlig. Eine bessere Trennschärfe aber kann nur durch mehr abgestimmte Schwingkreise im HF-Teil des Empfangsgerätes erzielt werden. Da beim Geradeausempfänger nicht über zwei HF-Kreise hinausgegangen wird, findet für mehrkreisige Schaltungen das Überlagerungsprinzip Anwendung. Einen nach diesem Prinzip aufgebauten Empfänger bezeichnen wir als „Superhet“. Bei einem Superhet-Empfänger wird die von der Antenne aufgenommene Eingangsspannung mit einer im Empfänger erzeugten Oszillatorspannung in einem bestimmten Frequenzverhältnis überlagert, so daß beispielsweise die Zwischenfrequenz 468 kHz entsteht. Beträgt die Frequenz der Eingangsspannung $f_e = 932$ kHz und soll die erzeugte Zwischenfrequenz $f_z = 468$ kHz betragen, so muß der Oszillator auf die Frequenz $f_o = 1400$ kHz abgestimmt sein. Denn

$$f_o = f_e + f_z = 932 + 468 = 1400 \text{ kHz}.$$



Fortsetzung von Seite 186

Es ist üblich, daß die Oszillatorfrequenz im Rundfunkempfänger oberhalb der Eingangsfrequenz liegt.

Wir wollen in diesem Buch auf die Probleme der Überlagerung nicht näher eingehen, da der volkseigene Handel fertige und vorabgeglichene Spulensätze für den Eigenbau von Rundfunkempfängern anbietet. Die nach der Überlagerung bzw. Mischung erhaltene Zwischenfrequenz wird in einem Zwischenfrequenzverstärker mit fest auf die Zwischenfrequenz eingestellten Schwingkreisen verstärkt. Zur Verbesserung der Trennschärfe und Erreichung einer bestimmten Bandbreite für die Übertragung des Tonfrequenzbereiches werden immer zwei ZF-Schwingungskreise zu einem Bandfilter zusammengefaßt. Da für die Mischung ein Eingangskreis und ein Oszillatorkreis notwendig sind, beide variabel, besitzt z. B. ein 6-Kreis-Super vier ZF-Kreise (zwei Bandfilter). Nach der ZF-Verstärkung wird die ZF-Spannung gleichgerichtet, und man erhält die Niederfrequenzspannung, die der empfangenen HF-Eingangsspannung aufmoduliert war. Diese NF-Spannung wird dem NF-Endverstärker zugeführt, der meist aus NF-Vorverstärker und NF-Endverstärker besteht, also zweistufig ausgeführt ist. Über den am Ausgangstransformator angeschlossenen Lautsprecher erfolgt dann die Schallabstrahlung.

Bild 191 (siehe Seite 186) zeigt die Schaltung für einen erprobten 6-Kreis-Superhetempfänger mit K-M-L-Wellenbereich, außerdem sind Anschlüsse für einen zweiten Lautsprecher und für einen Tonabnehmer vorgesehen. Als Spulensatz wird das Ein-

gangsaggregat SU 2 (HFW, Meuselwitz) verwendet. Dieser Spulensatz besitzt auf dem Kurz- und Mittelwellenbereich eine hochinduktive, auf dem Langwellenbereich eine niederinduktive Antennenankopplung. Der Spulensatz wird an den Abgleichpunkten 19 m, 49 m, 1300 kHz, 600 kHz und 200 kHz abgeglichen geliefert. Als Misch- und Oszillatorröhre verwendet man die Röhre ECH 81. Die Antennenenergie gelangt von der Antennenbuchse über den Kondensator von 300 pF zur Antennenspule des Eingangsteiles. Der abstimmbare Eingangskreis liegt über 100 pF am ersten Steuergitter des Heptodensystems der Röhre ECH 81. Der Gitterableitwiderstand von 1 MOhm liegt nicht an Masse, sondern an der Schwundregelleitung. Das erste Steuergitter erhält also eine Regelspannung, die bei Schwunderscheinungen dafür sorgt, daß die eingestellte Lautstärke durch größere Verstärkung erhalten bleibt. Die Erzeugung der Oszillatorfrequenz erfolgt im Triodensystem der gleichen Röhre. Um die feste Zwischenfrequenz von 468 kHz zu erhalten, müssen Eingangskreis und Oszillatorkreis gemeinsam abgestimmt werden. Das geschieht durch einen Drehkondensator von 2 · 500 pF. Die Oszillatorfrequenz liegt dabei um den Betrag der ZF höher als die Eingangsfrequenz. Die Oszillatorfrequenz wird an das zweite Steuergitter des Heptodensystems von Rö 1 gelegt. Im Anodenkreis erhält man die ZF, die über ein ZF-Bandfilter der ZF-Verstärkerröhre EF 89 zugeführt wird. Als Bandfilter findet der Typ ZB 1 vom HFW Meuselwitz Verwendung. Diese Röhre wird ebenfalls geregelt, der Gitterableitwiderstand von 500 kOhm liegt infolgedessen gleichfalls an der Schwundregelleitung.

Zur Vermeidung einer Selbsterregung ist Rö 2 durch die Kondensatoren 5 nF und 2 nF neutralisiert. Im Anodenkreis von Rö 2 liegt das zweite ZF-Filter, an dessen Sekundärkreis an der Anzapfung die Gleichrichtung durch ein Diodensystem der Röhre Rö 3 vorgenommen wird. Über ein RC-Glied ist dann am Lautstärkeregler (1 MOhm log.) die NF zur weiteren Verstärkung verfügbar.

Als NF-Vorverstärker arbeitet das Triodensystem der Röhre EABC 80. Die Gittervorspannung wird ohne Katodenkombination durch den Gitteranlaufstrom an dem sehr hohen Gitterableitwiderstand von 10 MOhm gewonnen. Über eine RC-Kopplung schließt sich dann die Endröhre EL 84 an. Die Gittervorspannung wird durch die Katodenkombination 200 Ohm/50 μF erzeugt. Im Anodenkreis liegt der Ausgangstransformator, der bei der Röhre EL 84 eine Primärimpedanz von 5,5 kOhm besitzen muß. Der sekundärseitige Widerstand richtet sich nach dem Schwingspulenwiderstand des verwendeten Lautsprechers. Für das Versuchsgerät wurde der Ovallautsprecher P 533 BB des VEB (K) Elektrogerätebau Leipzig verwendet. Dieser Lautsprecher besitzt eine Nennbelastung von 4 VA, einen Frequenzumfang von 70 bis 15000 Hz und eine Schwingspulenimpedanz von 3 Ohm. Die Korbabmessungen betragen 214 · 156 mm, die Einbautiefe 95 mm.

Für die Gleichrichtung wird das Diodensystem I der Röhre EABC 80 verwendet, da dieses hochohmig ist. Die Schwundregelspannung gewinnt man durch ein zweites Diodensystem. Dazu wird über den Kondensator von 10 pF vom Primärkreis des zweiten ZF-Bandfilters ein Teil der ZF-Spannung auf die Diode gekoppelt. Ein Siebglied von 1 MOhm und 0,1 μF ergibt für die Schwundregelspannung eine Zeitkonstante

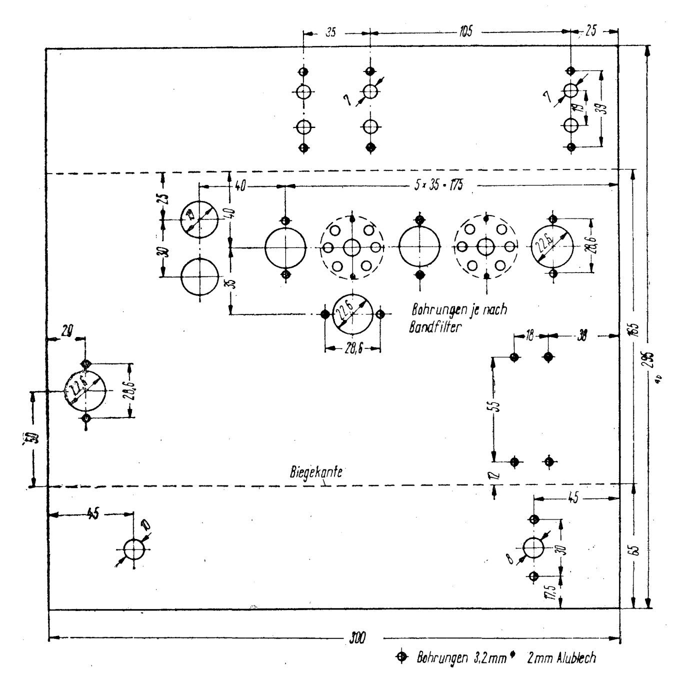
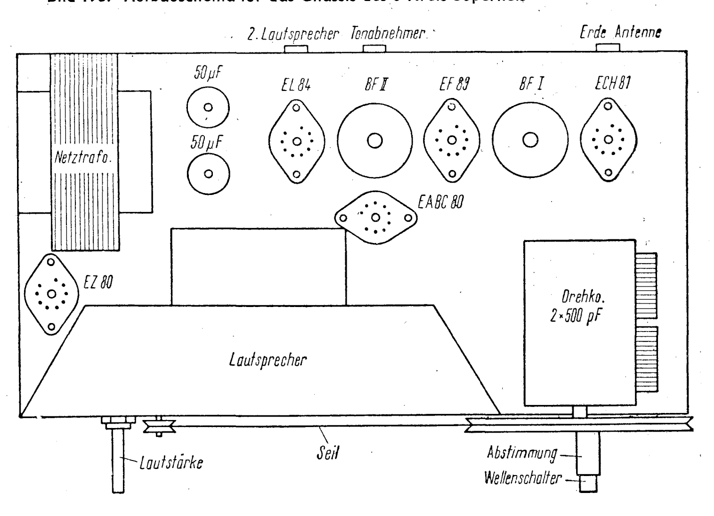


Bild 192. Maßskizze für das Chassis des 6-Kreis-Superhets

Bild 193. Aufbauschema für das Chassis des 6-Kreis-Superhets



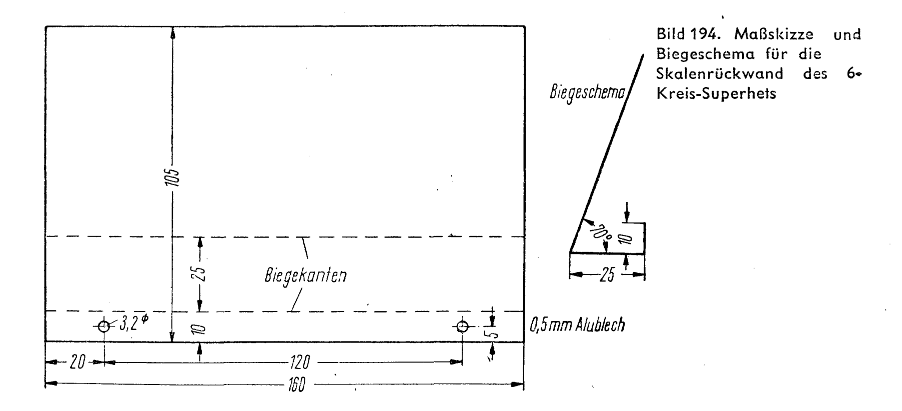


Bild 194. Maßskizze und Biegeschema für die Skalenrückwand des 6-Kreis-Superhets

von etwa 0,1 s. Zur Klangverbesserung dient eine frequenzabhängige Gegenkopplung, die von der Sekundärseite des Ausgangstransformators zum erdseitigen Ende des Lautstärkereglers führt. Zu diesem Zweck ist der Lautstärkeregler über den Widerstand von 500 Ohm hochgelegt. Soll eine stetige Klangbeeinflussung, etwa durch Höhenabsenkung, erfolgen, so kann zwischen der Anode der Endröhre und Masse die Reihenschaltung eines Kondensators (20 nF) und eines Potentiometers (100 kOhm lin.) eingefügt werden. Der Kondensator muß spannungsfest und deshalb für eine Betriebsspannung von 700 V bemessen sein. Zur Unterdrückung von Sendern, die auf der ZF arbeiten, liegt an der Antennenbuchse ein ZF-Saugkreis, für den der Typ SK 1 vom HFW Meuselwitz verwendet wird. Der Netzteil weist keine Schwierigkeiten auf. Der Netzschalter ist mit dem Lautstärkenregler kombiniert. Als Netztransformator eignet sich jeder Typ, der etwa 2 · 300 V, 60 mA und 6,3 V bei etwa 3 A abgibt (z. B. Typ N 85 U von G. Neumann, Creuzburg/Werra). Die Siebdrossel muß für 60 mA ausgelegt sein. Die Elektrolytkondensatoren besitzen eine Kapazität von 50 μF und eine Betriebsspannung von 500/550 V.

Über den mechanischen Aufbau geben die Bilder 192 bis 195 Aufschluß. Das Chassis wird mit den angegebenen Maßen aus 2 mm dickem Alublech gebogen. Es empfiehlt sich, die Bohrungen und Aussparungen vor dem Biegen anzufertigen. Die Anordnung

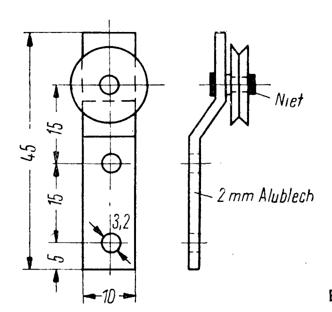
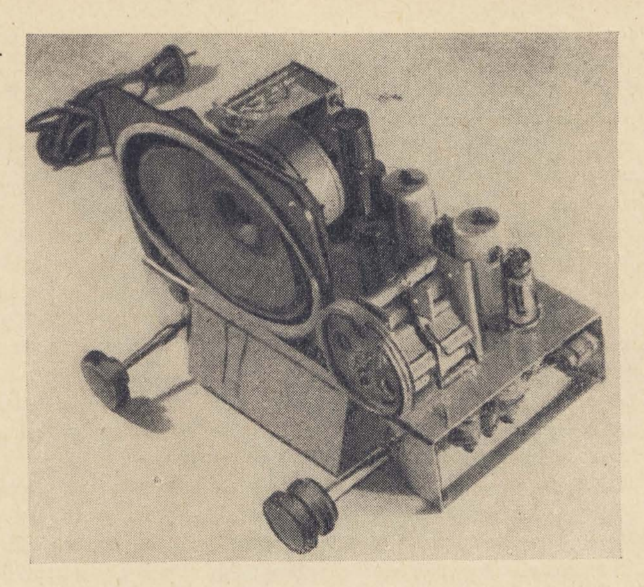


Bild 195. Maßskizze für die Halterung der Umlenkrolle

Bild 196. Blick auf das Chassis des fertiggestellten Superhets



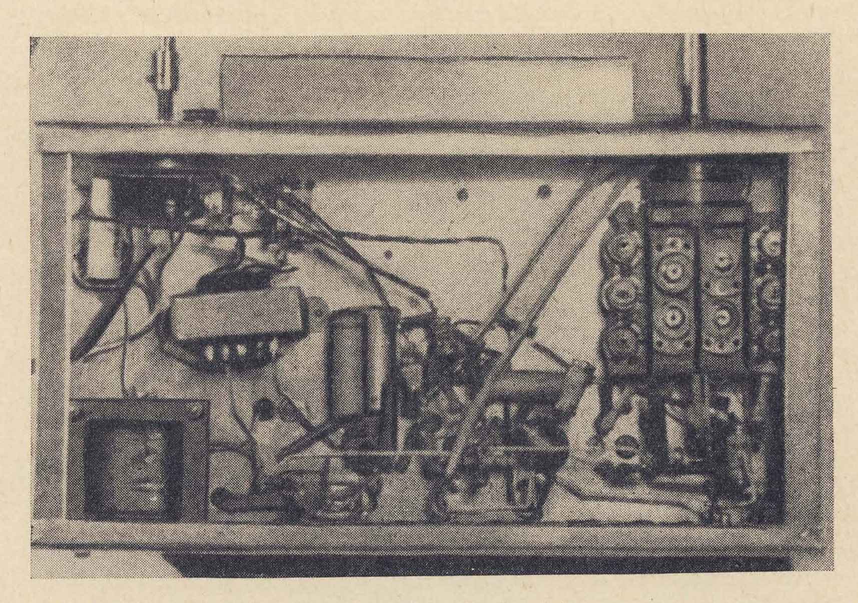


Bild 197. Blick in das verdrahtete Chassis des fertiggestellten Superhets

der elektrischen Bauteile auf dem Chassis geht aus Bild 193 hervor. Als Skala wird eine Linearskala verwendet. Das benötigte Seilrad muß einen Durchmesser von 85 mm haben. Die Halterungsmaße der Umlenkrolle sowie die der Skalenrückwand geben Bild 194 und Bild 195 an. Den fertiggestellten 6-Kreis-Superhetempfänger zeigen Bild 196 und Bild 197. Ist das Gerät verdrahtet und liegen alle Betriebsspannungen an den entsprechenden Röhrenelektroden, so muß das Gerät abgeglichen werden, um ein Maximum an Empfangsleistung zu erzielen. Sollte das Gerät bei der Inbetriebnahme pfeifen, so schwingt der ZF-Verstärker; dann ist seine Verdrahtung zu überprüfen. Die Zuführungen zu dem Gitterkreis und dem nachfolgenden Anodenkreis dürfen nicht miteinander koppeln.

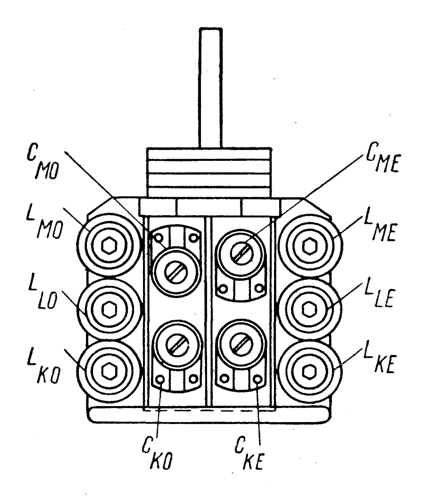
Für den Abgleich des Empfängers wird ein Meßsender bzw. Prüfgenerator benötigt. Erfahrenen Kameraden gelingt zwar ein Abgleich ohne Verwendung eines Prüfgenerators, aber maximale Ergebnisse werden dann nicht erzielt. Der Anfänger sollte auf jeden Fall die Hilfe erfahrener Kameraden in Anspruch nehmen. Da der Spulensatz vorabgeglichen geliefert wird, sind bei einwandfreier Verdrahtung auf dem Mittelwellenbereich schon einige Sender zu empfangen.

Vor einem planlosen Verstellen der Abgleichelemente muß gewarnt werden, denn damit ist kein vernünftiges Ergebnis zu erzielen. Bei diesem Empfänger sind für den Abgleich immerhin für alle drei Wellenbereiche 15 Verstellmöglichkeiten gegeben.

Als erstes wird der ZF-Verstärker abgeglichen. Dazu schaltet man den Empfänger auf den Mittelwellenbereich. An die Buchsen für den zweiten Lautsprecher wird ein Vielfachmesser geschaltet, den man auf einen Wechselspannungsbereich einstellt (z. B. 30 V). In eine Zuführung zum Instrument schalten wir einen Kondensator von 1 μF, um die an den Lautsprecherbuchsen liegende Gleichspannung vom Vielfachmesser fernzuhalten. Ist ein Meßsender vorhanden, so wird dieser auf eine Frequenz von 468 kHz eingestellt und an das erste Steuergitter der Mischröhre geschaltet. Steht kein Meßsender zur Verfügung, so stellt man mit dem Drehkondensator einen schwach einfallenden Mittelwellensender ein. Dann werden die Abgleichkerne der ZF-Bandfilter auf Maximum (größte Lautstärke) gebracht. Mit dem letzten Kreis, dem Dioden-Kreis, wird begonnen, und nacheinander abgestimmt, als letzter der Anodenkreis der Mischröhre. Diesen Vorgang wiederholt man mehrmals. Anschließend wird der Meßsender an die Antennenbuchse gelegt und der Saugkreis, der zwischen Antennen- und Erdbuchse liegt, auf Minimum (kleinste Lautstärke) abgeglichen. Bei Abgleich ohne Meßsender am Saugkreis nichts verändern!

Nun erfolgt der Abgleich des Eingangsaggregates, und zwar in der Reihenfolge Kurz-Mittel-Lang. Bild 198 gibt Aufschluß über die einzelnen Abgleichelemente. Zu beachten ist, daß bei eingedrehtem Drehkondensator immer die Spule, bei ausgedrehtem Drehkondensator immer der Parallel-Trimmer verstellt wird. Das trifft nicht zu für den Langwellenbereich, da man dort nur bei einer Frequenz einen Spulenabgleich vornimmt. Der Meßsender wird an die Antennenbuchse geschaltet. Bei eingedrehtem Drehko stellen wir die KW-Oszillatorspule auf 5,9 MHz, bei ausgedrehtem Drehko den KW-Oszillatortrimmer auf 20 MHz ein. Auf 6,1 MHz und 15 MHz werden nun KW-Eingangsspule und KW-Eingangstrimmer auf Maximum eingestellt.

Bild 198. Anordnung der Abgleichelemente beim 6-Kreis-Superhet-Spulensatz der Funktechnischen Werkstätten Meuselwitz



Diese Vorgänge sind mehrmals zu wiederholen, ehe auf den Mittelwellenbereich umgeschaltet wird. Auf Mittelwelle wiederholen sie sich wie folgt:

510 kHz MW-Oszillatorspule,
1620 kHz MW-Oszillatortrimmer,
600 kHz MW-Eingangsspule,
1300 kHz MW-Eingangstrimmer.

Auf dem Langwellenbereich ist nur die LW-Oszillatorspule bei eingedrehtem Drehko auf 145 kHz einzustellen und die LW-Eingangsspule bei 200 kHz auf Maximum abzugleichen. Steht kein Meßsender zur Verfügung, so wird für die einzelnen Bereiche folgendes Abgleichschema empfohlen:

Kurzwelle

a) Sender im 49-m-Band einstellen und Abgleich an KW-Oszillator- und KW-Eingangsspule auf Maximum.
b) Sender im 19-m-Band einstellen und Abgleich an KW-Oszillator- und KW-Eingangstrimmer auf Maximum.
Diese beiden Vorgänge sind mehrmals zu wiederholen, mit dem Abgleich der Trimmer auf 19 m ist der Abgleich des KW-Bereiches zu beenden.

Mittelwelle

a) Sender auf etwa 600 kHz (500 m) einstellen und Abgleich am MW-Oszillator- und MW-Eingangsspule auf Maximum.
b) Sender auf etwa 1300 kHz (220 m) einstellen und Abgleich am MW-Oszillator- und MW-Eingangstrimmer auf Maximum.
Diese beiden Vorgänge sind mehrmals zu wiederholen, mit dem Abgleich der Trimmer auf etwa 1300 kHz ist der Abgleich des MW-Bereiches zu beenden.

Langwelle

Sender auf etwa 200 kHz (1500 m) einstellen und Abgleich an LW-Oszillator- und LW-Eingangsspule auf Maximum.

Auf dem LW-Bereich ist nur dieser Spulenabgleich vorgesehen. Das Abgleichen ohne Meßsender ist immer bei voll aufgedrehtem Lautstärkeregler durchzuführen.

Stückliste

Spulensatz SU 2
(HFW, Meuselwitz)
2 Bandfilter ZB 1, 468 kHz
(HFW, Meuselwitz)
Saugkreis SK 1 (HFW, Meuselwitz)
Rö 1 ECH 81
Rö 2 EF 89
Rö 3 EABC 80
Rö 4 EL 84
Rö 5 EZ 80
Netztransformator N 85 U
(G. Neumann)

Netzdrossel D 55/60
(G. Neumann)
Drehkondensator 2 · 500 pF
2 Elektrolytkondensatoren 50 μF
(500/550 V)
Elektrolytkondensator 50 μF
(30/35 V)
Lautsprecher, oval, 4 VA
Ausgangsübertrager,
primär 5,6 kΩ
Potentiometer und Schalter,
1 MΩ lin.

Für die Kondensatoren genügt eine Spannungsfestigkeit von 250 V. Lediglich die beiden Kondensatoren 5 nF parallel zu den Anodenwicklungen des Netztransformators müssen für 500 V Wechselspannung ausgelegt sein.

Alle Gitterableitwiderstände besitzen eine Belastung von 0,25 W, die Schirmgitter- und Anodenvorwiderstände werden für 0,5 W ausgelegt, der Katodenwiderstand der Röhre EL 84 von 200 Ohm ist mit 2 W belastbar.

2.6 Schaltung für einen Batteriesuper

Der in Abschnitt 2.1 beschriebene Batterie-Einkreisempfänger läßt natürlich in bezug auf Empfindlichkeit und Trennschärfe einige Wünsche offen. Will man die Leistungen des Empfängers erhöhen, dann muß man eine Superhetschaltung aufbauen. Zum Prinzip der Superhetschaltung wurde im vorhergehenden Abschnitt schon einiges gesagt. Leider gibt es keine speziellen Superhet-Spulensätze für Batteriegeräte im Handel, so daß man auf den Selbstbau angewiesen ist.

Die Schaltung des 6-Kreis-Batteriesupers zeigt Bild 199; sie bereitet im Aufbau keine besonderen Schwierigkeiten. Man muß nur darauf achten, daß die HF- oder NF-führenden Leitungen so verlegt werden, daß keine wilden Schwingungen entstehen. Der Eingangskreis, der mit einem Paket des Zweifach-Drehkondensators abgestimmt wird, enthält als Spule L 1 eine Ferritantenne. Die Induktivität der Spule L 1 soll mit

dem Ferritstab etwa 200 μH betragen. Das sind je nach dem verwendeten Ferritstab (z. B. 10 mm Durchmesser, 140 bis 200 mm lang) 50 bis 70 Windungen HF-Litze. Da der Empfangsbereich 510 bis 1620 kHz umfassen soll, muß bei eingedrehtem Drehkondensator und halb eingedrehtem Trimmer mit der Spule eine Frequenz von 510 kHz erreicht werden. Die endgültige Windungszahl wird durch einen Vorabgleich mit einem Grid-Dip-Meter festgelegt.
Bei einer Zwischenfrequenz von 468 kHz muß der Oszillatorkreis im Bereich von 978 kHz bis 2088 kHz abstimmbar sein. Da der gleiche Kapazitätswert des Abstimmdrehkondensators wie beim Eingangskreis zur Verfügung steht, ist der Oszillatorkreis durch einen Serienkondensator von 500 pF elektrisch zu verkürzen. Die Induktivität der Oszillatorspule L 2 muß dann etwa 100 μH betragen. Bei einem Stiefelkörper mit Abgleichkern sind das etwa 75 Windungen 0,2-mm-CuL. Die Rückkopplungsspule soll etwa 30 bis 40 Prozent der Windungen der Oszillatorkreisspule enthalten, also 30 Windungen 0,2-mm-CuL. Mit einem Grid-Dip-Meter ist ein Vorabgleich möglich. Die ZF-Bandfilter können im Handel käuflich erworben werden. Wer allerdings dazu in der Lage ist und sich möglichst kleine Bandfilter selbst bauen möchte, muß folgendes beachten. Bei Batterieschaltungen sollte man möglichst hohe Resonanzwiderstände erreichen. Das bedingt kleine Parallelkapazitäten der ZF-Kreise. Als unterster Wert kann ein Kondensator von 100 pF gelten. Die Induktivität der ZF-Spule muß dann für 468 kHz etwa 1,1 mH betragen.
Als Misch-Oszillator-Röhre arbeitet die Röhre DK 92, die darauffolgende Röhre dient zur ZF-Verstärkung. Das Diodensystem der Röhre DAF 96 richtet die ZF gleich, und die erhaltene Niederfrequenz wird im Pentodensystem der gleichen Röhre weiterverstärkt. Die Lautsprecherendstufe ist mit der Röhre DL 96 bestückt. Die Lautstärkeregelung erfolgt durch das Potentiometer (1 MOhm log.) im Gitterkreis der Röhre DAF 96. Die Gittervorspannung dieser Röhre wird durch den hohen Gitterableitwiderstand von 10 MOhm erzeugt. Bei der Endröhre DL 96 dient dazu der Spannungsabfall an dem Widerstand von 500 Ohm, der zwischen den Minusanschlüssen der Heiz- und der Anodenbatterie liegt. Als Ausgangsübertrager wird ein Kern M 42/15 verwendet. Die primäre Windungszahl ist 2600 Windungen 0,15-mm-CuL. Für einen 5-Ohm-Lautsprecher beträgt die Sekundärwindungszahl 65 Windungen 0,7-mm-CuL.
Die Stromversorgung erfolgt durch zwei parallelgeschaltete Monozellen von 1,5 V und eine Anodenbatterie von 67,5 V. Als Lautsprecher sollte ein Kleinlautsprecher des VEB Funkwerk Leipzig mit einem Durchmesser von 50 bis 65 mm verwendet werden. Dann bringt man die Schaltung räumlich auch in dem in Abschnitt 2.1 gezeigten Holzgehäuse unter. Steht keine Ferritantenne zur Verfügung, so kann man die Spule L 1 auch als Rahmenantenne ausführen. Dadurch steigt außerdem die Empfindlichkeit des Gerätes, da die Rahmenantenne eine größere Eingangsspannung zur Verfügung stellt. Bei den Gehäuse-Außenmaßen von 220 · 150 mm besteht die Rahmenspule aus 17 Windungen HF-Litze. Der Abgleich des Gerätes erfolgt mit einem Prüfgenerator in der gleichen Weise, wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben. Bei hereingedrehtem Drehkondensator wird mit der Spule abgeglichen, bei herausgedrehtem Drehkondensator mit dem Paralleltrimmer.

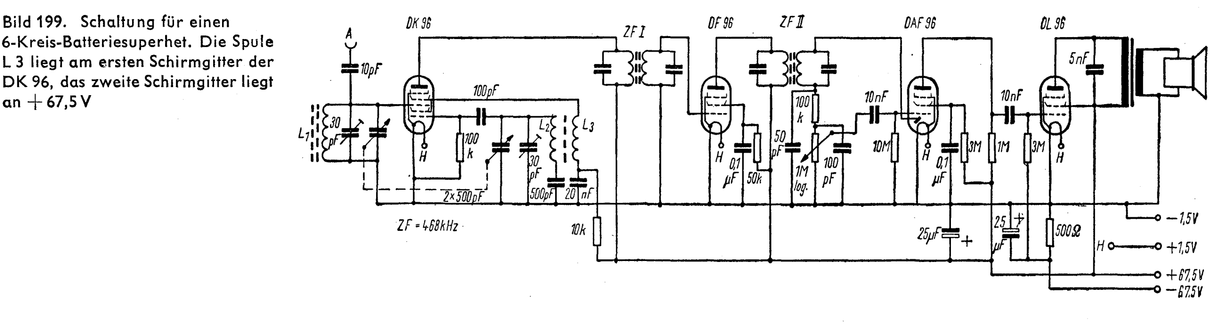


Bild 199. Schaltung für einen 6-Kreis-Batteriesuperhet. Die Spule L 3 liegt am ersten Schirmgitter der DK 96, das zweite Schirmgitter liegt an + 67,5 V

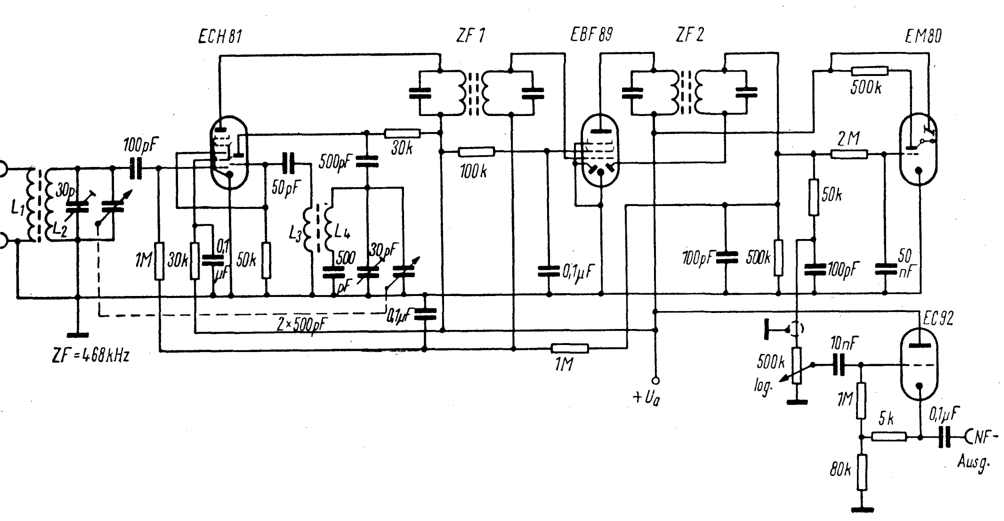


Bild 200. Schaltung des Superhet-Empfangsteiles für eine hochwertige Musikanlage

2.7 Superhet-Empfangsteil für Musikanlage

Will man nur die Orts- bzw. Bezirkssender bei einer Musikanlage empfangen, dann reicht der in Abschnitt 2.4 beschriebene Empfangsteil aus. Für den Fernempfang von Sendern im Mittelwellenbereich genügt diese Schaltung allerdings nicht. Für diese Zwecke muß man die Superhetschaltung anwenden, da erst diese eine genügende Empfindlichkeit und Trennschärfe garantiert. Man wird die Schaltung nur bis zum Diodenausgang mit einer niederohmigen Ausgangsstufe aufbauen, da die Endverstärkung durch den Hauptverstärker der Musikanlage erfolgt.

Die Empfangsschaltung ist eine normale 6-Kreis-Superhetschaltung mit den Röhren ECH 81 und EBF 89. Zur einwandfreien Einstellung der Sender dient das magische Auge EM 80. Der niederohmige Ausgang wird erreicht durch eine Röhre EC 92 in Anodenbasisschaltung. Bild 200 zeigt die Schaltung für den Superhet-Empfangsteil. Empfangen werden kann der Mittelwellenbereich von 510 kHz bis 1620 kHz. Die Bandfilter sind normale Handelsausführungen für 468 kHz. Für die Spulen werden folgende Anhaltswert gegeben:

L 1 = 10 μH (niederinduktive Ankopplung)
1,3 mH (hochinduktive Ankopplung)
L 2 = 0,2 mH
L 3 = 20 bis 30% der Windungszahl von L 4
L 4 = 0,1 mH

Die Berechnung der Windungszahlen erfolgt für die jeweils verwendete HF-Eisenkernspule nach den in Teil I angegebenen Formeln. Sollen noch andere Wellenbereiche empfangen werden, so kann man einen der erhältlichen Superhet-Spulensätze kaufen, die mit Kreisebenenschaltern oder in Drucktastenausführung im Handel sind. Der Abgleich erfolgt in der gleichen Weise, wie in Abschnitt 2.5 beschrieben. Die Stromversorgung (6,3 V/1 A und 250 V/30 mA) wird aus dem zentralen Netzteil der Musikanlage bezogen. Den niederohmigen Ausgang verbindet man über die Mischeinrichtung mit dem Hauptverstärker. Da keine Brummeinstreuungen bei dieser Schaltungsart zu befürchten sind, kann die Verbindungsleitung unbedenklich mehrere Meter lang sein.

2.8 HF-Verstärker mit Ferritantenne

Besonders in den Abendstunden ist der MW-Empfang stark durch das Einfallen von Fernsendern gestört, so daß der Empfang oft keine reine Freude ist. Abhilfe schafft hier eine drehbare Ferritantenne, mit der ein Richtungsempfang erzielt wird. Kommen der störende Sender und der eingestellte Sender aus verschiedenen Richtungen, so gestaltet sich der Empfang bei entsprechend gedrehter Ferritantenne störungsfreier. Kommen allerdings beide Sender aus einer Richtung, dann kann auch die beste Ferritantenne keine Abhilfe schaffen.

Da die Ferritantenne auf Grund ihrer Kürze (8 bis 10 mm Durchmesser, 140 bis 200 mm lang) nur eine geringe Empfangsspannung abgibt, schaltet man sie mit einer HF-Verstärkerröhre zusammen. Außerdem bildet sie mit einem Drehkondensator von 500 pF einen Schwingungskreis, der jeweils auf die Empfangsfrequenz abgestimmt wird. Der

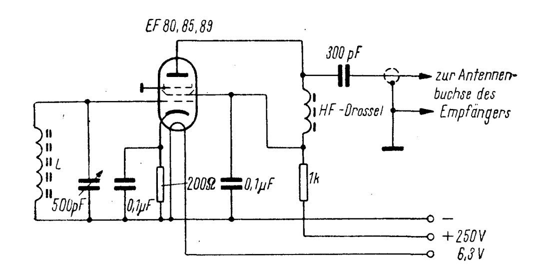


Bild 201. Schaltung für eine Ferritantenne mit HF-Röhre

Ausgang des Empfangsteiles mit der Ferritantenne wird an die Antennenbuchse des Rundfunkempfängers angeschlossen. Man stellt erst den Rundfunkempfänger auf den gewünschten Sender ein und stimmt dann die Ferritantenne mit dem Drehkondensator ab. Die richtige Einstellung erkennt man an dem Lautstärkeanstieg des Rundfunkempfängers. Erst dann dreht man die Ferritantenne so weit, bis ein möglichst störfreier Empfang erzielt ist.

Bild 201 zeigt die Schaltung der Ferritantenne mit der HF-Verstärkerröhre EF 80 (bzw. EF 85 oder EF 89). Den Eingangskreis bildet die Ferritantenne (mit der Spule L) mit dem Drehkondensator. Die Katodenkombination ist unkritisch in ihren Werten (C = 0,01 bis 0,1 µF und R = 150 bis 300 Ohm). Das Schirmgitter wird kapazitiv mit 0,1 µF geerdet. Als Arbeitswiderstand im Anodenkreis dient eine hochohmige HF-Drossel, die zum Beispiel aus einer mit dünnem Kupferlackdraht vollbewickelten HF-Eisenkernspule bestehen kann. Über den Kondensator von 300 pF wird die aufgenommene Empfangsspannung an die Antennenbuchse des Rundfunkempfängers geführt.

Die Stromversorgung (6,3 V/0,3 A und 250 V/12 mA) kann meist dem nachgeschalteten Rundfunkempfänger entnommen werden. Die Drehvorrichtung für die Ferritantenne stellen wir auf einfache Weise selbst her. Man baut die Ferritantenne mit Winkeln auf ein Skalenrad und treibt dieses über einen Seiltrieb an. Die Ferritantenne soll bei dem angegebenen Drehkondensator eine Induktivität von etwa 0,2 mH bilden. Das sind je nach Länge und Durchmesser des Ferritstabes 50 bis 70 Windungen HF-Litze 20 · 0,05. Ein genügend genauer Abgleich ist mit Hilfe eines Grid-Dip-Meters möglich. Der Abstimmbereich für Mittelwelle muß dabei von 510 bis 1620 kHz reichen.

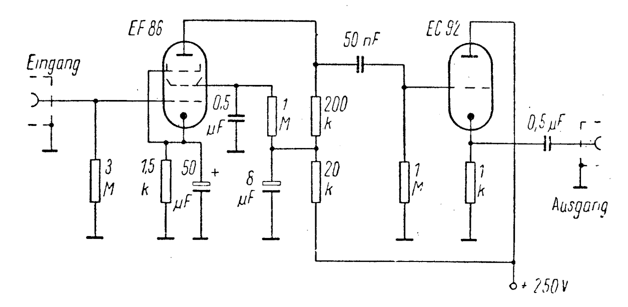
3. GERÄTE DER ELEKTROAKUSTIK

Viele Amateure beschäftigen sich mit der Elektroakustik, sei es mit der Tonband-Aufnahmepraxis, der Schallplattenwiedergabe oder der „HiFi"-Technik. Nachfolgend sollen einige Schaltungen besprochen werden, die für die Erweiterung der entsprechenden Anlagen gedacht sind.

3.1 Mikrofon-Vorverstärker

Kristallmikrofone geben nur eine geringe Spannung ab, zudem sind sie hochohmig, so daß keine längeren Zuleitungen bis zum eigentlichen Verstärker benutzt werden

Bild 202. Schaltung eines Mikrofon-Vorverstärkers für Kristallmikrofone



dürfen. Besitzt der Verstärker keinen empfindlichen Eingang, muß auf jeden Fall ein besonderer Mikrofon-Vorverstärker vorgeschaltet werden. Bild 202 zeigt die Schaltung für einen zweistufigen Mikrofon-Vorverstärker, der für ein handelsübliches Kristallmikrofon (VEB Funkwerk Leipzig) geeignet ist. Mit den angegebenen Werten wird eine etwa 170fache Spannungsverstärkung in dem Pentodensystem erreicht. Die nachfolgende Triode trägt nichts mehr zur Verstärkung bei, sie dient lediglich in der Anodenbasisschaltung zur Erreichung eines niederohmigen Ausganges. Bei einem solchen Ausgang kann bis zum eigentlichen Verstärker ein längeres Kabel benutzt werden, ohne daß Höhenverluste oder Brummeinstreuungen auftreten.
Als Mikrofon-Vorverstärkerröhre wird die kling- und brummarme NF-Pentode EF 86 verwendet (siehe „Der praktische Funkamateur“, Band 13 „Miniaturröhren und ihre Schaltungstechnik“). Sie arbeitet in normaler Katodenbasisschaltung, die Gittervorspannung wird vollautomatisch durch eine Katodenkombination erzeugt. Das hochohmige Kristallmikrofon schließt man über eine abgeschirmte Buchse an das Steuergitter an. Schirmgitterspannung und Anodenspannung werden besonders gut gesiebt, da bei der Verstärkung kleiner Eingangsspannungen ein großer Brummabstand vorhanden sein muß. Diese gute Siebung ist auch bei einem eventuell mit eingebauten, kleinen Stromversorgungsgerät erforderlich. Die Triode EC 92 wird über RC-Kopplung angeschlossen, und an der Katode kann man über einen Kondensator von 0,5 µF die verstärkte NF-Spannung entnehmen. Da die Verstärkung der Anodenbasisstufe kleiner als Eins ist, kann bei dem beschriebenen Mikrofon-Vorverstärker mit einem Verstärkungsfaktor von etwa 150 gerechnet werden.
Der Aufbau des Mikrofon-Vorverstärkers erfolgt auf einem Chassis, das in ein kleines Blechgehäuse eingebaut wird.

Stückliste

Röhre EF 86 und EC 92
Elektrolytkondensator 8 µF (350/380 V)
Elektrolytkondensator 50 µF (6/8 V)
2 Kondensatoren 0,5 µF/250 V
Kondensator 50 nF/250 V
Widerstand 3 MΩ/0,25 W
Widerstand 1 MΩ/0,25 W
Widerstand 1 MΩ/0,5 W
Widerstand 200 kΩ/0,5 W
Widerstand 20 kΩ/0,5 W
Widerstand 1,5 kΩ/0,5 W
Widerstand 1 kΩ/0,5 W
2 Flanschsteckdosen, 3polig

3.2 Mischeinrichtung für Verstärker

Zum Durchführen einer eigenen Sendung müssen wir die Möglichkeit haben, verschiedene Tonfrequenzspannungen miteinander zu mischen, z. B. eine Musiksendung mit Mikrofonansagen oder eine Sprachsendung mit Musik zu „untermalen". Gibt die Tonfrequenzquelle genügend NF-Spannung ab, dann reicht eine Schaltung ohne Verstärkung aus, wie sie Bild 203 für die Eingänge „Rundfunk" und „UKW" zeigt. Da diese beiden Sendungen kaum gleichzeitig benötigt werden, verwenden wir ein Potentiometer 2 · 1 MOhm log. mit Überblend-Charakteristik. Die Mittelanzapfung bei 50 Prozent des Drehwinkels wird geerdet. Dadurch kann man von einem Programm zum anderen überblenden. In der oberen Endstellung ist z. B. das Rundfunkprogramm am lautesten. Die Lautstärke wird mit beginnendem Drehwinkel immer geringer und bei 50 Prozent des Drehwinkels gleich Null. Dreht man das Überblend-Potentiometer weiter, so ertönt das UKW-Programm erst leise, dann immer lauter. In der unteren Endstellung ist dieses am lautesten. Bei der Überblendung werden also beide Programme stets nur einzeln dem Verstärker zugeführt. Anders ist es bei der Mischung, denn dann können zwei Programme an den Verstärkereingang gelegt werden. Bild 203 zeigt eine Mischschaltung für die Eingänge „Mikrofon" und „Tonabnehmer" mit getrennter Verstärkung in je einem Triodensystem. Die getrennten Programme werden über Lautstärkeregler dem Steuergitter der jeweiligen Triode zugeführt. Die Gittervorspannung für beide Trioden wird durch die gemeinsame Katodenkombination erzeugt. Beide Anoden sind parallelgeschaltet und mischen beide Programme. Natürlich kann man auch „Rundfunk" oder „UKW" mit einem der unteren Programme mischen. Als Röhre wird die Doppeltriode ECC 83 verwendet. Alle Ein- und Ausgänge sind gleich-

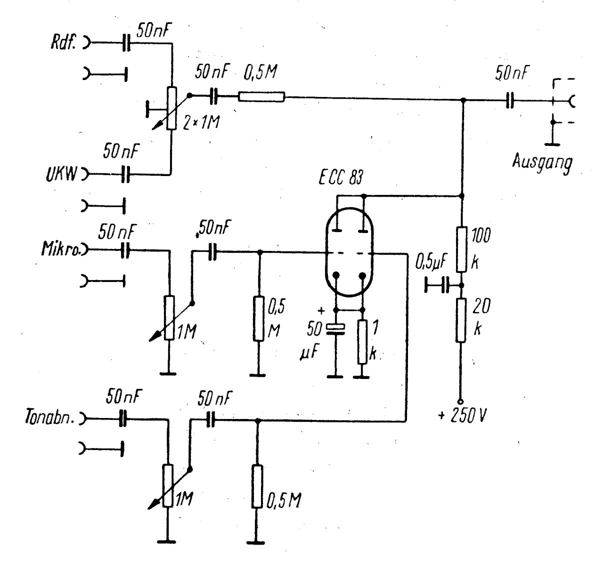
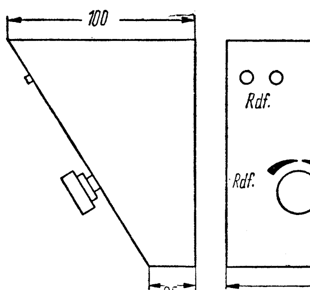
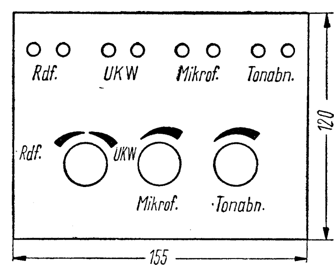


Bild 203. Schaltung einer Mischeinrichtung für Verstärker mit vier regelbaren Eingängen

Bild 204. Aufbauschema für die beschriebene Mischeinrichtung





spannungsfrei durch die Kopplungskondensatoren von 50 nF/250 V. Für den Ausgang benutzt man zweckmäßig eine abgeschirmte dreipolige Flanschsteckdose. Für die Eingänge genügen normale zweipolige Buchsen mit 19 mm Steckerabstand. Die Stromversorgung kann dem nachgeschalteten Verstärker entnommen werden. Für den Aufbau gibt Bild 204 ein Beispiel. Das pultförmig gestaltete Gehäuse bietet eine gewisse Erleichterung bei der Bedienung. Die Röhre ECC 83 wird liegend eingebaut. An der Rückwand befindet sich eine dreipolige Flanschsteckdose für den Ausgang und eine für die Zuführung der Betriebsspannungen.

Stückliste

Röhre ECC 83
Überblend-Potentiometer
 2 · 1 MΩ log.
2 Potentiometer 1 MΩ log.
Elektrolytkondensator 50 μF (6/8 V)
Kondensator 0,5 μF (250 V)
8 Kondensatoren 50 nF/250 V
3 Widerstände 500 kΩ/0,25 W
Widerstand 100 kΩ/0,5 W
Widerstand 20 kΩ/0,5 W
2 Flanschsteckdosen, 3polig
4 Telefonbuchsenleisten, 2polig

3.3 Schaltung für Mischverstärker mit Klangregelung

Will man eine hochwertige Musikanlage aufbauen, dann genügt das in Abschnitt 3.2 beschriebene einfache Mischpult den Ansprüchen nicht mehr. Man muß dafür eine etwas aufwendigere Schaltung vorsehen. Bei größeren Leistungen wird meist der Endverstärker getrennt aufgebaut. Während des Betriebes sind an ihm keine Einstellungen vorzunehmen, so daß er irgendwo unsichtbar untergebracht werden kann. Alle notwendigen Bedienungsteile faßt man in einem Mischverstärker zusammen, den man ohne die Endstufe räumlich klein aufbauen kann. Der Mischverstärker muß demnach die Eingangsregler für die Lautstärke der einzelnen Tonspannungsquellen aufweisen, den Hauptlautstärkeregler und die Klangregelung. Für die Klangregelung wendet man vorteilhaft die getrennte Regelung der Höhen und der Tiefen an.

Die Schaltung für einen universell verwendbaren Mischverstärker zeigt Bild 205. Bestückt ist das Gerät mit drei Miniaturröhren, davon zwei Doppeltrioden. Insgesamt fünf Eingänge können miteinander gemischt werden. Alle Eingänge besitzen einen getrennt voneinander bedienbaren Lautstärkeregler. Die Entkopplung der einzelnen Eingänge erfolgt durch die 500-kOhm-Widerstände vor dem Steuergitter des ersten Triodensystems.

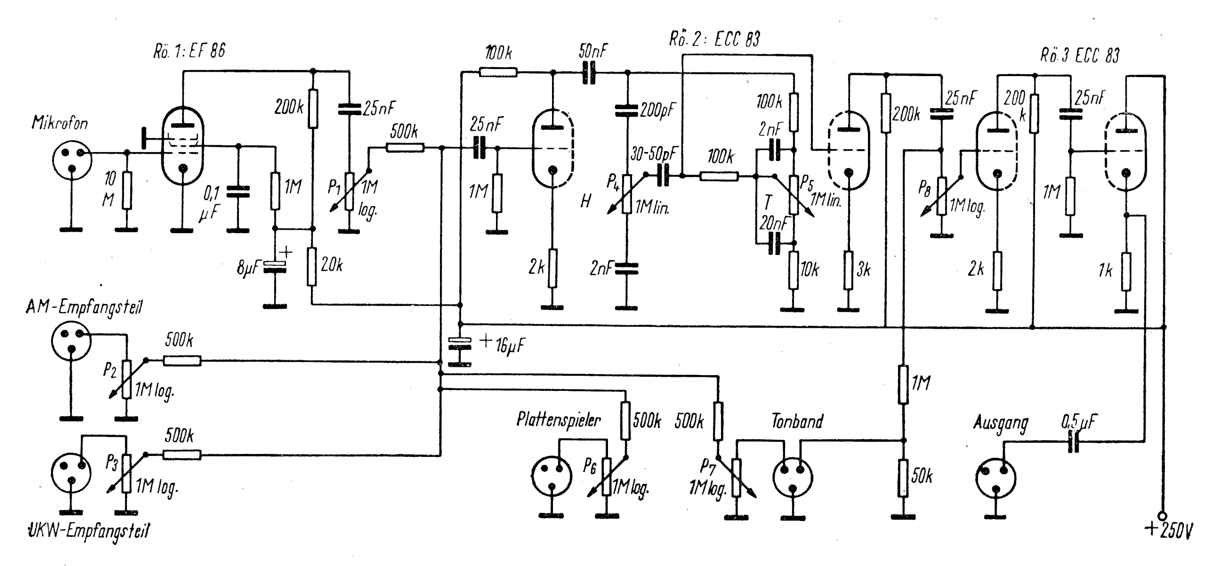


Bild 205. Schaltung für einen universellen Mischverstärker mit fünf Eingängen und getrennter Höhen- und Tiefenregelung

Der Mikrofoneingang ist ausgelegt für ein hochohmiges Kristallmikrofon. Die Eingangsempfindlichkeit beträgt etwa 2 bis 3 mV. Die brumm- und klingarme Röhre EF 86 hebt das Signal so weit an, daß am Steuergitter des nachfolgenden Triodensystems etwa die gleiche Spannung zur Verfügung steht wie von den anderen Eingängen. Die Empfindlichkeit der anderen Eingänge liegt bei etwa 250 mV. Soll ein weiterer empfindlicher Eingang zur Verfügung stehen (z. B. für ein zweites Mikrofon), so kann die gleiche Schaltung wie beim Mikrofoneingang mit der Röhre EF 86 verwendet werden.
Zwischen den beiden ersten Triodensystemen befindet sich das Klangregel-Netzwerk für die getrennte Regelung der Höhen und der Tiefen. Dieses Klangregel-Netzwerk hat sich in dieser Schaltungsart weitgehend eingebürgert und wird mit geringen Abweichungen der Werte überall in der Verstärkertechnik angewendet. Die hohen (P 4) und die tiefen (P 5) Frequenzen können sowohl angehoben als auch abgesenkt werden ($\pm$15 bis 20 dB). Der unveränderliche Nullpegel liegt bei etwa 1000 Hz. Kritisch ist die Zuführung zum Steuergitter des zweiten Triodensystems. Deshalb sollte man die Bauelemente des Klangregel-Netzwerkes in der Nähe dieses Steuergitters eng zusammenbauen. Mit dem Kondensator 30 bis 50 pF lassen sich etwaige Höhenverluste ausgleichen. Am besten wird dafür ein keramischer Trimmer verwendet, den man entsprechend einstellt.
Am Steuergitter des dritten Triodensystems liegt ein Lautstärkeregler, mit dem man meist den Endverstärker aussteuert. Er wirkt für alle angeschlossenen Tonspannungsquellen. Gleichzeitig zweigt vor dem Lautstärkeregler über dem Spannungsteiler 1 MOhm/50 kOhm eine Leitung ab, die die Aufsprechspannung für das Tonbandgerät führt. Damit können Tonbandaufnahmen von den vier anderen Eingängen gemacht werden, also Mikrofon-, AM-, FM- oder Schallplattenaufnahmen. Da beim Tonbandgerät an einer dreipoligen Flanschbuchse sowohl der Eingang als auch der Ausgang liegen, kann der Anschluß am Mischverstärker über ein gemeinsames Kabel mit zwei Adern und einer Abschirmung erfolgen. Genauso geschaltet ist die Diodenbuchse bei einem modernen Rundfunkgerät.
Das letzte Triodensystem dient zur Schaffung eines niederohmigen Ausganges für die Tonfrequenzspannung. Deshalb arbeitet die Triode als Anodenbasisstufe. Über einen Kondensator von 0,5 μF liegt die Ausgangsspannung an einer Flanschbuchse. Der niederohmige Ausgang ist vor allem dann wichtig, wenn sich eine längere Zuleitung zum Hauptverstärker erforderlich macht. Man vermeidet dadurch Brummeinstreuungen und empfindliche Höhenverluste, die bei hochohmigen Leitungen leicht auftreten.
Werden der Mischverstärker und der Endverstärker zusammengebaut (z. B. mit 12-W-Endverstärker), so erfolgt selbstverständlich die Stromversorgung aus einem gemeinsamen Netzteil. Bei nicht zu weiter räumlicher Trennung kann die Stromversorgung aus dem Netzteil des Endverstärkers erfolgen. Günstiger ist es aber — im Hinblick auf eine universelle Benutzung des Gerätes —, für den Mischverstärker eine eigene Stromversorgung vorzusehen. Man beachte eine gute Siebung der gleichgerichteten Spannung. Auf jeden Fall ist eine Siebdrossel einem Siebwiderstand vorzuziehen. Als Elektrolytkondensatoren kommen nur Typen mit einer Kapazität von mindestens 50 μF in Frage. Die Heizspannung sollte mit einem Trimm-Potentiometer von

etwa 100 Ohm symmetriert werden. Ein großer Brummspannungsabstand erhöht auf jeden Fall die Wiedergabequalität.
Die Konstruktion kann man nach Belieben durchführen. Es empfiehlt sich eine flache Bauform mit einer Höhe von ungefähr 100 mm.

3.4 NF-Verstärker für 4 W

Dieser Verstärker wurde für den Schallplattenfreund entworfen, der sich gern einen kleinen tragbaren Phonokoffer bauen möchte. Ein solcher Phonokoffer enthält neben dem Plattenspielerchassis einen Verstärker und den dazugehörigen Lautsprecher. Soll der Lautsprecher im Gehäusedeckel untergebracht werden, so muß ein Flachlautsprecher des VEB Funkwerk Leipzig verwendet werden. Es werden zwei Typen hergestellt, der Flachlautsprecher L 3358 PFL für eine Nennbelastbarkeit von 2 VA und der L 2655 PFL für 4 VA. Für den Phonokoffer genügt der kleine Lautsprecher mit einem Korbdurchmesser von 165 mm und einer Einbautiefe von 56 mm. Die Schwingspulenimpedanz dieses Lautsprechers beträgt 3,6 Ohm. Soll der Lautsprecher an einer Seite des Kofferunterteiles angebracht werden, so bevorzugt man wegen der geringen Höhe einen Ovallautsprecher. Dafür sind die Ovallautsprecher L 2258 PBO oder L 2759 PBO vom gleichen Betrieb geeignet. Der Korbdurchmesser beträgt 155·215 mm, die Einbautiefe 77 mm. Außerdem genügt die Schaltung auch den Ansprüchen des Amateurs für eine kleine Heimanlage und kann zu diesem Zweck in ein entsprechendes Gehäuse eingebaut werden.
Der Verstärker ist dreistufig aufgebaut und verwendet als Endröhre eine EL 84 (Bild 206).
Damit steht eine Leistung von etwa 4 W zur Verfügung, die man in Räumen kaum voll einsetzt. Im Vorverstärker wird die Röhre ECC 83 benutzt, die genügend Verstärkung ergibt, so daß eine wirksame, getrennt wirkende Höhen- und Tiefenregelung sowie eine Gegenkopplung angewendet werden können. Im Eingang des Verstärkers liegt der Lautstärkeregler P 1, zwischen den beiden Vorröhrensystemen das Klangregel-Netzwerk

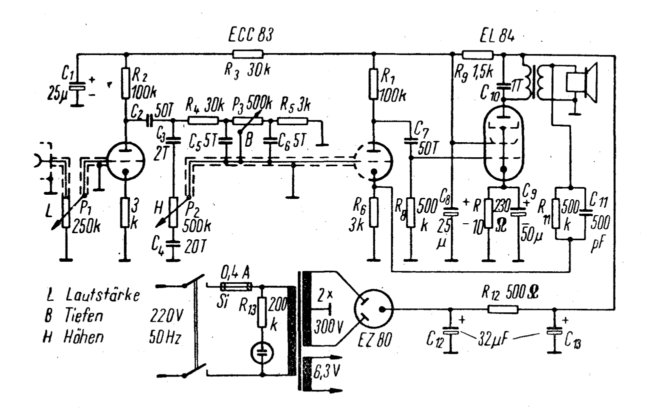


Bild 206. Schaltung für einen NF-Verstärker mit 4 W Ausgangsleistung

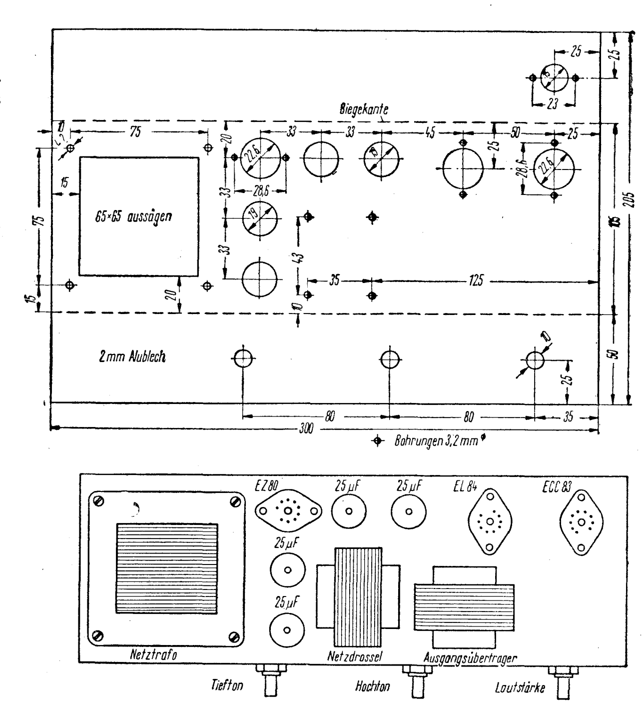


Bild 207a. Maßskizze für die Bohrungen und Durchbrüche des Chassis des NF-Verstärkers

Bild 207b. Aufbauschema für das Chassis des NF-Verstärkers

mit den beiden Potentiometern P 2 (Höhen) und P 3 (Tiefen, Bässe). Die Katodenwiderstände R 1 und R 6 sind kapazitiv nicht überbrückt. Von der Sekundärseite des Ausgangstransformators gelangt eine Wechselspannung über R 11 und C 11 zur Katode der zweiten Vorröhre und bewirkt die Gegenkopplung. Die Kopplungskondensatoren C 2 und C 7 sind mit 50 nF reichlich bemessen, damit auch eine Übertragung der tiefen Frequenzen ohne wesentlichen Abfall möglich ist. Mit Siebkondensatoren (C 1 und C 8) wurde nicht gespart, was sich in einer brummfreien Wiedergabe bemerkbar macht.

Der Netzteil weist keine besonderen Schwierigkeiten auf. Es genügt ein Netztrafo, der eine Anodenspannung von 2 · 300 V bei 50 bis 60 mA und eine Heizspannung von 6,3 V bei etwa 2 A abgibt. An Stelle des Siebwiderstandes R 12 kann auch eine kleine Netzdrossel für 60 mA angeordnet werden. Den Netz-Einschalter kombiniert man mit dem Lautstärkeregler P 1. Die Heizspannung wird entweder einseitig an Masse gelegt oder mit einem Entbrummregler symmetriert. Beide Reglerenden liegen dabei an der Heizspannung, während der Schleifer mit Masse verbunden ist. Bei eingeschaltetem Verstärker wird dieser Regler auf minimales Brummen eingestellt. Für den Aufbau des Verstärkers gibt Bild 207a die Maße an. Die Höhe des Chassis beträgt etwa 50 mm. Das Chassis selbst wird aus 2-mm-Aluminiumblech gefertigt.

Bild 208. Blick auf das Chassis des fertiggestellten 4-W-NF-Verstärkers

Bild 207b zeigt die Anordnung der einzelnen elektrischen Bauelemente. Als Eingangsbuchse findet eine dreipolige Flanschsteckdose Verwendung, wie sie für den Tonbandanschluß in modernen Rundfunkempfängern üblich ist. Der Ausgangstransformator wird neben der Siebdrossel oberhalb des Chassis angeordnet. Dabei ist zum Vermeiden magnetischer Einflüsse zu beachten, daß beide Blechpakete senkrecht zueinander stehen. Die Primärimpedanz des Ausgangstransformators beträgt für die Röhre EL 84 5,6 kOhm. Die Sekundärimpedanz muß mit der Schwingspulenimpedanz des verwendeten Lautsprechers übereinstimmen. Zur Anzeige des Betriebszustandes dient die Glimmlampe, die mit dem Vorwiderstand am Netz liegt.
Zur besseren Verdrahtung liegt unterhalb des Chassis eine zwölfpolige Lötösenleiste, die vor den Röhrensockeln angeordnet wird. Bild 208 zeigt den fertiggestellten Verstärker.

Stückliste

Röhren ECC 83, EL 84, EZ 80
Netztransformator N 85/580617 (G. Neumann)
Netzdrossel D 55/60
C 1 25 μF Elko 350/380 V
C 2 50 nF/250 V
C 3 2 nF/250 V
C 4 20 nF/250 V
C 5 5 nF/250 V
C 6 5 nF/250 V
C 7 50 nF/250 V

Lautsprecher permanentdynamisch, 2 bis 4 W
Ausgangstransformator primär 5,6 kΩ
R 1 2 kΩ/0,5 W
R 2 100 kΩ/0,5 W
R 3 30 kΩ/0,5 W
R 4 30 kΩ/0,25 W
R 5 3 kΩ/0,25 W
R 6 3 kΩ/0,5 W
R 7 100 kΩ/0,5 W

C 8 25µF Elko 350/380 V
C 9 50µF Elko 30/35 V
C 10 1 nF/250 V
C 11 500 pF/250 V
C 12 32µF Elko 500/550 V
C 13 32µF Elko 500/550 V
Gl Glimmlampe, 3polig
Feinsicherung 0,4 A
mit Halterung

R 8 500 kΩ/0,25 W
R 9 1,5 kΩ/0,5 W
R 10 230 Ω/2 W
R 11 500 kΩ/0,25 W
R 12 500 Ω/3 W
R 13 200 kΩ/0,25 W
P 1 Potentiometer 250 kΩ log.
mit Schalter
P 2 Potentiometer 500 kΩ lin.
P 3 Potentiometer 500 kΩ lin.

3.5 NF-Verstärker für 12 W

Der Endverstärker einer Musikanlage wird meist getrennt aufgebaut, wenn man einen Mischverstärker benutzt, in dem alle bedienbaren Organe zusammengefaßt sind. Am Endverstärker ist nunmehr lediglich der Netzschalter zu bedienen, um das Gerät unter Spannung zu setzen. Eine Eingangsempfindlichkeit von etwa 500 mV erfordert dann nur eine Triodenvorstufe und eine Phasenumkehrstufe zur Ansteuerung der Gegentakt-Endstufe. Verwendet man für diese Stufen eine Doppeltriode, so kommt man für diesen Verstärker mit drei Röhren aus. Zusätzlich ist natürlich eine Gleichrichterröhre für die Stromversorgung notwendig.

Eine bewährte Schaltung für einen Leistungsverstärker zeigt Bild 209. Der Eingang liegt an einer dreipoligen Flanschbuchse, an die der Ausgang des in Abschnitt 3.3

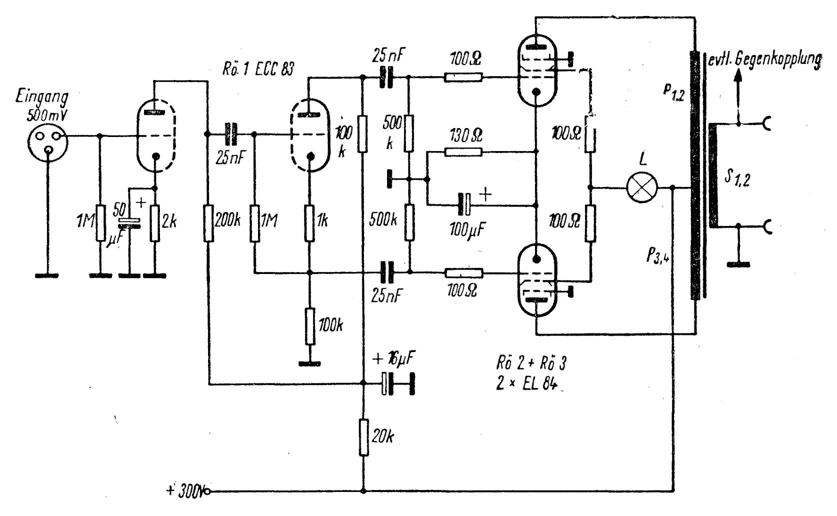


Bild 209. Schaltung für einen NF-Verstärker mit 12 Watt Ausgangsleistung

beschriebenen Mischverstärkers angeschlossen wird. Das erste Triodensystem arbeitet in normaler Schaltung mit kapazitiv überbrücktem Katodenwiderstand als NF-Verstärker, das zweite Triodensystem als Phasenumkehrröhre, da die beiden im Gegentakt geschalteten Endröhren zwei Steuerspannungen benötigen, die gegeneinander um 180° in der Phasenlage verschoben sind. Die Katode der Phasenumkehrröhre wird mit einem Widerstand von der Größe des Arbeitswiderstandes hochgelegt. Dadurch erhält man als Spannungsabfall über den beiden Widerständen die gewünschten Steuerspannungen. Die beiden Katoden der zwei Endröhren werden parallelgeschaltet und erhalten einen gemeinsamen Katodenwiderstand von 130 Ohm, den man mit einem Niedervolt-Elektrolytkondensator von 100 bis 200 μF überbrückt.

Zur Unterdrückung von Selbsterregungen liegen bei beiden Endröhren vor dem Steuer- und Schirmgitter 100-Ohm-Widerstände. Der Ausgangskreis ist normal geschaltet, Anoden an den Enden der Primärwicklung und die Schirmgitter mit der Gleichspannungszuführung in der Mitte der Primärwicklung. An der Sekundärseite des Ausgangstransformators wird der Lautsprecher bzw. eine Lautsprecherkombination angeschlossen. In der Zuleitung zu den Schirmgittern liegt eine Skalenlampenbirne L (10 V/0,05 A) zur Aussteuerungsanzeige.

Für die Stromversorgung empfiehlt sich ein Netzteil mit Zweiweg-Gleichrichtung. Je nachdem, ob der Mischverstärker mit aus diesem Netzteil versorgt werden soll oder nicht, muß die Gleichspannung mit 120 bis 150 mA belastet werden können. Für die Gleichrichtung wird die Röhre EZ 81 verwendet. Die Heizwicklungen für 6,3 V sind entsprechend auszulegen. Zur Siebung der Gleichspannung genügen beim Endverstärker zwei Elektrolytkondensatoren von 50 μF und eine Siebdrossel von 10 bis 15 H bei der entsprechenden Strombelastung.

Die Wiedergabequalität des Endverstärkers hängt in starkem Maße von der Güte des verwendeten Ausgangstransformators ab. Je tiefere Frequenzen übertragen werden sollen, desto größer muß der Eisenkernquerschnitt des Ausgangstransformators sein. Die Übertragung der hohen Frequenzen ist abhängig von der Wicklungskapazität. Je geringer die Wicklungskapazität ist, um so weiter kann der übertragene Frequenzbereich nach höheren Frequenzen hin ausgedehnt werden. Gefordert wird für eine gute Wiedergabequalität (HiFi-Technik) ein Frequenzbereich von 20 Hz bis 20 kHz. Für die tiefen Frequenzen steht ein genügend großer Eisenkernquerschnitt zur Verfügung. Aber eine kleine Wicklungskapazität läßt sich nur verwirklichen, wenn man die Wicklungen aufteilt oder den Spulenkörper des Ausgangstransformators in mehrere Kammern aufteilt.

Die für den Ausgangstransformator der Schaltung in Bild 209 notwendigen Wicklungen wurden deshalb jeweils in zwei Wicklungen unterteilt, die man nach dem Wickeln parallelschaltet. Als Transformatorkern wird der Typ M 74/32 oder besser M 85/32 verwendet. Die Eisenkerndaten kann man der Tabelle im Anhang entnehmen. Als Blechsorte wird das übliche Dyn.-Bl. IV · 0,5 verwendet. Die Wicklungen sehen wie folgt aus:

Wicklungsteil	Windungszahl	Drahtstärke in mm
P_1	1650	0,11
S_1	96	0,60
P_2	1650	0,11
P_3	1650	0,11
S_2	96	0,60
P_4	1650	0,11

Die Wicklungen werden auch in dieser Reihenfolge auf den Spulenkörper gewickelt. Nach dem Aufbringen der Trafobleche, die man wechselseitig ohne Luftspalt schichtet, werden die Wicklungen wie folgt geschaltet:

P_1 und P_2 Anfang und Ende jeweils parallel
S_1 und S_2 Anfang und Ende jeweils parallel
P_3 und P_4 Anfang und Ende jeweils parallel
$P_{1,2}$ Ende und $P_{3,4}$ Anfang parallelschalten
(bildet Mittelanzapfung)

Dieser Ausgangstransformator besitzt primärseitig eine Impedanz von 8 kOhm, sekundärseitig von 7,5 Ohm. Es ist also möglich, einen Lautsprecher mit einer Schwing-

Bild 210. Gegenkopplungsschaltung für den 12-W-Verstärker

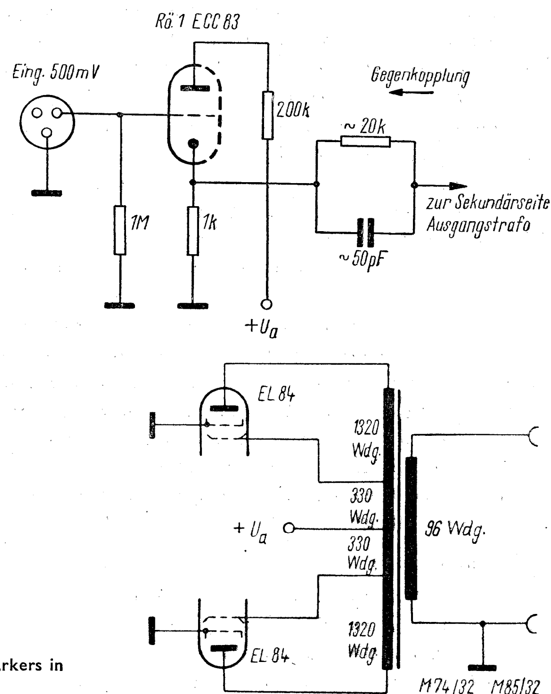


Bild 211. Endstufe des 12-W-Verstärkers in Ultralinear-Schaltung

spulenimpedanz von 7,5 Ohm anzuschließen oder zwei Lautsprecher von 15 Ohm parallelliegend.
Weitere Verbesserungen der Wiedergabe und des Klirrfaktors werden ermöglicht durch die Anwendung einer Gegenkopplung von der Sekundärseite des Ausgangstransformators zur Katode der Trioden-Vorstufe. Die Schaltung dafür ist aus Bild 210 ersichtlich. Die Sekundärwicklung muß dazu einseitig geerdet werden. Die genauen Werte des RC-Gliedes der Gegenkopplung sind durch Versuche zu ermitteln. Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung des Verstärkers ist die Anwendung der Ultralinear-Schaltung für die Gegentakt-Endstufe. Dabei liegen die Schirmgitter an Anzapfungen der Primärwicklungen des Ausgangstransformators. Das Anzapfverhältnis wird mit etwa 20 Prozent gewählt. Die Schaltung zeigt Bild 211, aus dem man auch die Windungszahlen entnehmen kann.

3.6 Lautsprechergehäuse

Moderne Breitband-Lautsprecher gestatten eine qualitativ gute Musikwiedergabe. Aber dem verwöhnten Musikliebhaber genügt das meist noch nicht. Neben der brillanten Wiedergabe der hohen Töne verlangt er auch eine verzerrungsfreie Wiedergabe der tiefen Töne. Die Brillanz in der Höhenwiedergabe erreicht man durch zusätzliche Hochtonlautsprecher. Diese Lautsprecher haben einen kleinen Durchmesser und eine sehr hart gelagerte Membran. Dadurch strahlt dieser Lautsprecher nur höhere Tonfrequenzen über 5000 Hz aus.
Für die Abstrahlung tiefer Frequenzen ist beim Lautsprecher ein großer Durchmesser und eine sehr weich gelagerte Membran erforderlich. Will man eine vollendete Baßwiedergabe damit erreichen, dann muß das Lautsprechergehäuse eine bestimmte Größe besitzen. Ist es zu klein, so werden die tiefen Töne akustisch kurzgeschlossen. Das wirkt sich in einem sehr schlechten Wirkungsgrad der Baßwiedergabe aus, die außerdem nicht verzerrungsfrei erfolgt. Die normalen Gehäuse von Rundfunkempfängern sind z. B. schon zu klein. Deshalb versucht man, durch elektrische Schaltungskniffe die Baßwiedergabe zu verbessern. Schon wesentlich vorteilhafter ist die Wiedergabe bei größeren Musiktruhen, aber nicht jeder Musikliebhaber besitzt eine solche.
Was kann man tun, um eine bessere Wiedergabequalität zu erreichen, sei es bei Rundfunksendungen, bei Schallplatten oder bei Tonbandaufnahmen? Voraussetzung ist natürlich, daß eine moderne, einwandfreie Verstärkeranlage zur Verfügung steht, etwa ein neuzeitlicher Rundfunkempfänger. Nun muß man für die Baßwiedergabe ein größeres Gehäuse schaffen. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten: den Eckenlautsprecher oder die Baßreflexbox.

Eckenlautsprecher

Bild 212 zeigt die Skizze für einen Eckenlautsprecher, der sich vor allem preislich sehr günstig stellt. Er besteht aus einer 500 mm breiten Holzplatte mit einer Länge von 1500 mm. Die beiden Längskanten der 10 bis 15 mm starken Schallwand sind auf 45° abgeschrägt, damit sie sich gut an die Zimmerecke anpassen läßt. Zur Abdichtung wird

auf die abgeschrägten Kanten ein entsprechend breiter Filzstreifen von 5 bis 10 mm Stärke aufgeleimt. Das obere Ende deckt man mit einer dreieckigen Holzplatte ab, deren an die Wand anstoßenden Kanten ebenfalls mit Filzstreifen belegt werden. Beim Aufhängen in der Zimmerecke ist darauf zu achten, daß die untere Kante der Schallwand etwa 10 cm über dem Fußboden steht. Durch den Eckeneinbau wird eine günstige Schallverteilung erreicht. Mit einem einzigen Breitbandlautsprecher, also Lautsprecher mit Hochtonkegel, erhält man eine Wiedergabegüte von ausgezeichneter Qualität.
Für den Lautsprecher enthält die Schallwand eine entsprechende Öffnung, etwa 150 bis 200 mm von der oberen Kante entfernt. Der Durchmesser der Öffnung richtet sich nach dem verwendeten Lautsprecher. Ist der Lautsprecher oval, kann die Öffnung oval oder rechteckig sein. Nach der Fertigstellung wird die Schallwand mit einem passenden Stoff bespannt und mit Zierleisten aus Holz oder Metall versehen. Soll neben der ausgezeichneten Baßwiedergabe eine brillante Höhenabstrahlung erreicht werden, kann man in den dreieckigen Deckel einen kleinen Hochton-Lautsprecher einbauen. Der Einbau sollte so erfolgen, daß die Abstrahlung schräg nach oben erfolgt: Auf diese Weise sorgt die Zimmerdecke als Reflektor für eine zusätzliche Hochtonverteilung.

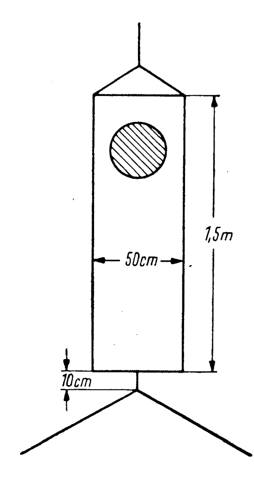


Bild 212. Maßskizze für den beschriebenen Eckenlautsprecher

Als Breitband-Lautsprecher können alle größeren Typen über 3 W Belastung verwendet werden. Allerdings sollte man unbedingt Lautsprecher mit einem permanent-magnetischen System verwenden. Diese erkennt man daran, daß auf der Korbrückseite ein großer Magnet angebracht ist. Bei elektrodynamischen Systemen muß ein Netzgerät für die Erregung der Feldspule vorgesehen werden. Das ist ziemlich aufwendig und daher nicht billig. Als Lautsprecher empfehlen sich die Typen des VEB Funkwerk Leipzig. Diese haben bei einer Belastung von 4 W einen Korbdurchmesser von 200 mm und bei 8 W einen solchen von etwa 250 mm. Im einschlägigen Handel sind diese Lautsprecherchassis zu erhalten.

Der Anschluß des fertiggestellten Eckenlautsprechers erfolgt am Rundfunkempfänger an den Buchsen für den zweiten Lautsprecher. Ist dieser Anschluß niederohmig, so kann die Schwingspule des Lautsprechers an diesen direkt angeschlossen werden. Haben wir jedoch einen hochohmigen Anschluß, so brauchen wir einen zusätzlichen Ausgangstransformator. Der Ausgangstransformator wird zwischen Lautsprecher und Rundfunkempfänger geschaltet. Den zu verwendenden Typ erfragt man am besten beim Fachmann in einer Rundfunkwerkstatt.

Baßreflexgehäuse

Will man für die Baßwiedergabe ein geschlossenes Gehäuse mit nur einer Öffnung für den Lautsprecher verwenden, so ergeben sich sehr große Abmessungen. In einem

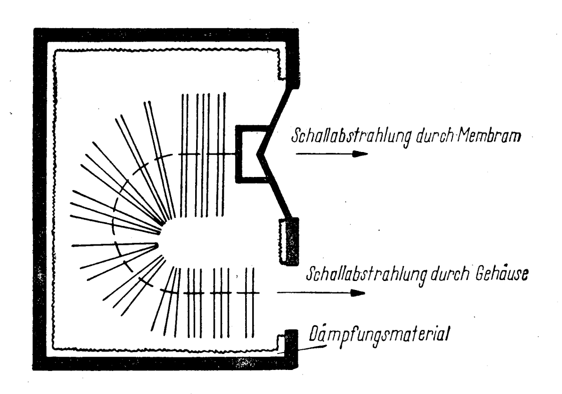


Bild 213. Schallabstrahlung bei einer Baßreflexbox

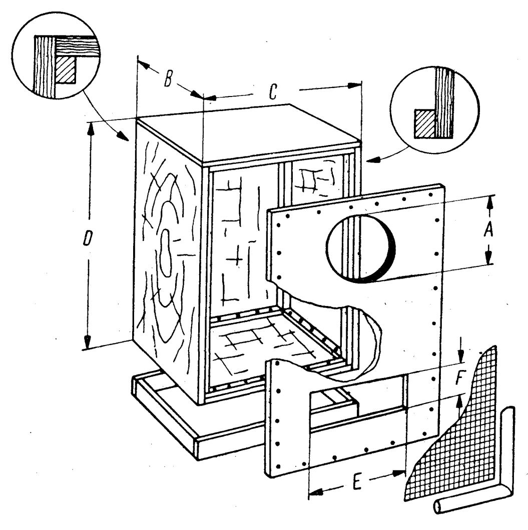


Bild 214. Maßskizze für die beschriebene Baßreflexbox, Maße siehe Tabelle Seite 212

Wohnraum läßt sich aber ein solch großer Gegenstand schlecht unterbringen. Durch eine zweite Öffnung am Gehäuse (rechteckiger Ausschnitt) ergeben sich wesentlich geringere Abmessungen. Bild 213 zeigt ein derartiges Gehäuse im Querschnitt. Es erfolgt eine direkte Schallabstrahlung durch die Lautsprechermembran, außerdem eine Schallabstrahlung durch den unteren Schlitz. Die Größe des Schlitzes muß dabei bestimmten Anforderungen genügen, damit die durch die Membran im Gehäuse bewirkten Luftdruckschwankungen phasenrichtig nach vorn abgestrahlt werden.
Bild 214 stellt die Konstruktionsskizze für den Eigenbau einer Baßreflexbox dar. Die Abmessungen richten sich nach dem jeweils verwendeten Lautsprecher-Durchmesser. Dafür gibt nachfolgende Tabelle die entsprechenden Maße an. Um die Zeichnung (Bild 214) nicht zu unübersichtlich zu gestalten, wurden die Maße B, C und D an die Außenkanten des Gehäuses gelegt. Zu verstehen sind darunter aber die Innenmaße (Luftraum) des Gehäuses. Zu den angegebenen Maßen muß deshalb die Stärke der Holzwandung und des Isoliermaterials addiert werden.

Lautsprecherdurchmesser	Innenmaße in cm					
in cm	A	B	C	D	E	F
15	14	20	35	49	14	9
20	17	24	40	55	17	9
25	22	26	49	66	22	11
30	27	28	55	72	26	14
38	35	31	62	83	35	13

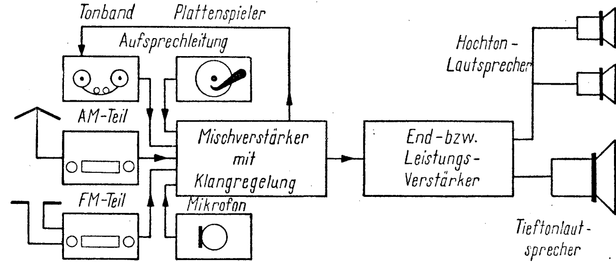
Das Gehäuse soll sehr stabil aufgebaut sein. Es muß unbedingt vermieden werden, daß Teile des Gehäuses mitschwingen. Die Wände fertigen wir deshalb aus 20 mm starkem Holz. Zur Versteifung dienen Leisten aus Vierkantholz von 30 · 30 mm. Wichtig ist das Verleimen aller Stoßstellen und Fugen, obwohl genagelt oder geschraubt wird. Steht kein genügend starkes Holzmaterial für die Wände der Baßreflexbox zur Verfügung, kann man auch folgenden Weg beschreiten. Man nimmt 4 bis 6 mm starkes Sperrholz und belegt damit einen Rahmen aus Vierkantholz (15 · 15 mm), der die Abmessungen einer Gehäusewand hat. Der Zwischenraum wird mit feinem, trockenem Sand ausgefüllt, den man fest einstampft.
Um unerwünschte Resonanzeffekte des Gehäuses zu vermeiden, wird der Innenraum der Baßreflexbox mit einem dämpfenden Material ausgekleidet. Dafür eignet sich neben Filz auch Glaswolle, Piatherm (Kunstschaumstoff) oder Polsterwatte. Die Befestigung des Dämpfungsmaterials erfolgt durch entsprechend lange Nägel mit großem Kopf. Bei Nägeln mit kleinem Kopf legt man ein Pappstück unter. Die Stärke des Dämpfungsmaterials soll etwa 20 bis 40 mm betragen.
Je nach handwerklichem Geschick und den vorhandenen Möglichkeiten kann man das äußere Aussehen der Baßreflexbox gestalten. Auf jeden Fall empfiehlt es sich, die Vorderfront mit Bespannstoff zu überziehen. Dieser Stoff sollte grob gewebt sein, damit er gut luftdurchlässig ist. Es eignet sich besonders Bespannstoff, wie er bei Rundfunkgeräten verwendet wird. An den Kanten kann man dann Zierleisten anbringen. Durch Beizen erhalten die Außenwände ein ansehnliches Aussehen. Wer einen Tischler zur Hand

hat, kann sich auch Furnier aufleimen lassen. Mit Beize, Lack und durch längeres Polieren bringt man die Baßreflexbox dann auf Hochglanz.
Wenn die entsprechenden Aufstellmöglichkeiten gegeben sind, sollte ein Lautsprecher mit großem Durchmesser verwendet werden. Je größer der Lautsprecherdurchmesser desto besser die Baßwiedergabe! Um den Luftraum des Gehäuses auf Resonanz abstimmen zu können, wird durch eine verschiebbare Abdeckung der Schlitz im Baßreflexgehäuse abstimmbar gemacht. Will man einen ovalen Lautsprecher verwenden, so muß natürlich auch die Gehäuseöffnung für den Lautsprecher oval ausgeführt werden. Das fertige Baßreflexgehäuse setzt man auf einen Holzrahmen, wie er aus Bild 214 ersichtlich ist. Die Höhe beträgt etwa 50 bis 100 mm. Selbstverständlich kann man auch zusätzliche Hochton-Lautsprecher in die Baßreflexbox einbauen. Diese läßt man schräg gegen die Zimmerdecke strahlen, damit an dieser eine weitgehende Streuung erfolgt.

3.7 Kombination einer Musikanlage

Neben den Funkamateuren, die sich der Kurzwellen- und UKW-Technik verschrieben, gibt es eine ganze Anzahl Menschen, die sich die Tonaufnahme und Tonwiedergabe zum Hobby gewählt haben. Dabei streben sie ein Höchstmaß an qualitativ guter Tonwiedergabe an. Im westlichen Ausland hat sich dafür der Ausdruck „HiFi“ eingebürgert (high fidelity = hohe Wiedergabegüte). Man spricht von HiFi-Empfängern, HiFi-Verstärkern, HiFi-Fans usw. Solche HiFi-Anlagen oder besser Musikanlagen können nach den verschiedensten Gesichtspunkten aufgebaut werden.
Die einfachste Anlage besteht aus einem modernen AM/FM-Empfänger und einem viertourigen Plattenspieler (16 — 33 — 45 — 78 Umdrehungen pro Minute). Damit können Rundfunkprogramme empfangen und Schallplatten wiedergegeben werden. Als Beispiel sei genannt der Empfänger „Erfurt IV“ des VEB Stern-Radio Rochlitz (zum Empfang der Rundfunkprogramme) und der Phonokoffer „P 10/33“ des VEB Funkwerk Zittau (zum Abspielen von Normal- und Mikrorillen-Schallplatten). Für die nächsthöhere Stufe des Ausbaues ist ein Tonbandgerät, z. B. „BG 23“ des VEB Meßgerätewerkes Zwönitz, erforderlich.
Eines Tages wird dann die Tonwiedergabe des Rundfunkempfängers das kritische Ohr nicht mehr befriedigen. Es geht an den Bau eines Mischverstärkers, eines Leistungsverstärkers und einer Lautsprecherkombination. Damit kommt man Schritt für Schritt zu einer umfangreichen Musikanlage, wie sie als Blockschaltung in Bild 215 gezeigt wird. Übriggeblieben sind von den ursprünglichen Anschaffungen nur noch der Plattenspieler und das Tonbandgerät. Alles andere wurde nach und nach ausgebaut und auf höchste Tonqualität „gezüchtet“.
Moderne Plattenspieler und Tonbandgeräte genügen den hohen Anforderungen an eine gute Tonqualität. Beim Empfang von Rundfunksendungen sieht das schon anders aus. Empfängt man im UKW-Bereich, so ist bei richtiger Einstellung und nicht zu großer Entfernung vom Sender mit einer normalen UKW-Antenne eine gute Tonqualität gewährleistet. Bei Mittelwelle trifft das aus verschiedenen Gründen nicht mehr zu. Hier ist das Kuriose, daß man mit einem normalen Detektorempfänger die beste

Bild 215. Prinzipdarstellung einer kompletten hochwertigen Musikanlage



Tonwiedergabe erzielt. Diese Arbeitsweise kann man allerdings nur dann anwenden, wenn es in der Nähe einen leistungsstarken Ortssender gibt. Sonst zieht man eine Zweikreisschaltung ohne Rückkopplung einem Superhet-Empfänger vor, weil der ZF-Verstärker des Superhet-Empfängers in der Bandbreite schmaler ausgelegt ist als die vom Sender übertragene NF-Bandbreite. Langwellenempfang scheidet wegen der auftretenden atmosphärischen Störungen aus, Kurzwellenempfang wegen der Störungen und Schwunderscheinungen.

Sämtliche Tonfrequenzquellen werden an den Eingang des Mischverstärkers gelegt. Mit Hilfe von Potentiometern kann man dann jeweils einer Tonfrequenz den Weg freigeben zur weiteren Verstärkung und Abstrahlung über die Lautsprecher. Vom Mischverstärker zweigt ein Teil der verstärkten Tonfrequenzsignale ab und wird zum Besprechen des Tonbandgerätes benutzt. Dadurch ist es möglich, mit dem Tonbandgerät ein gemischtes Programm von Rundfunk, Schallplatte und Mikrofon aufzunehmen. Aus dem Mischverstärker gelangt das Tonfrequenzsignal zum Leistungsverstärker, wo es leistungsmäßig eine solche Verstärkung erfährt, daß die angeschlossenen Lautsprecher ausgesteuert werden. Die Lautsprecher befestigt man entweder an einer Schallwand oder bringt sie in einer Baßreflexbox unter. Zur Wiedergabe der tiefen Töne wird ein großer Lautsprecher mit weicher Membran eingebaut, während für eine brillante Höhenwiedergabe spezielle Hochton-Lautsprecher erforderlich sind.

In den vorhergehenden Abschnitten wurden Schaltungsdetails der Geräte für eine Musikanlage hoher Wiedergabequalität angegeben. Entsprechend dem Blockschaltbild (Bild 215) können diese dann kombiniert werden.

4. SCHALTUNGEN FÜR DEN KW-AMATEUR

4.1 Tongenerator zum Morsen

Wer hat nicht schon einmal auf dem Kurzwellenbereich seines Empfängers den Morsezeichen gelauscht und sich dabei gefragt, was sie wohl bedeuten mögen? Um diese Sprache der Funker zu verstehen, muß man als Vorbedingung das Morsealphabet beherrschen. In den Radiozirkeln der Jungen Pioniere und den Ausbildungsgruppen

„Amateurfunk" der Gesellschaft für Sport und Technik ist Gelegenheit, das Morsen zu erlernen.
Benötigt wird dazu ein Tongenerator, eine Morsetaste und ein Kopfhörer. Während wir Kopfhörer und Morsetaste in einem Fachgeschäft kaufen, wollen wir den Tongenerator selbst bauen. Aus den zahlreichen dafür verwendbaren Schaltungen wählen wir eine aus, die im Aufwand tragbar bleibt und doch höheren Ansprüchen gerecht wird.
Der Tongenerator ist mit einer Doppeltriode 6 SL 7 bestückt (Bild 216). Natürlich können wir auch andere Doppeltrioden, wie ECC 81, ECC 83 usw. nehmen. Ebenso lassen sich zwei einzelne Trioden verwenden, nur muß dann das Gerät etwas größer aufgebaut werden. Die Schwingungserzeugung erfolgt durch ein Phasenkettenglied aus Widerständen und Kondensatoren, das zwischen Gitter und Anode der einen Triode liegt. Das Phasenkettenglied sorgt für die zur Schwingungserzeugung notwendige Rückkopplung zwischen Gitter- und Anodenkreis. Die erzeugte Tonfrequenz besitzt bei den angegebenen Werten der vier Kondensatoren und Widerstände eine Frequenz von etwa 1000 Hz.
Von dem Außenwiderstand von 250 kOhm wird über einen Kondensator von 5000 pF die Tonfrequenz einem Potentiometer zugeführt, mit dem man die Lautstärke regeln kann. Die zweite Triode arbeitet als normaler Tonfrequenzverstärker. Von dem Außenwiderstand 25 kOhm gelangt dann die Tonfrequenz über zwei Kondensatoren (5000 pF) und die Morsetaste zum Kopfhörer. Jedesmal, wenn die Morsetaste gedrückt wird, ertönt die Tonfrequenz im Kopfhörer.
Der Netzteil ist normal aufgebaut. Zur Anzeige, ob der Tongenerator eingeschaltet ist, wird eine Glimmlampe mit Vorwiderstand (100 kOhm) eingebaut. Die Heizspannung für die Röhre 6 SL 7 beträgt 6,3 V. Die Wicklung für die Anodenspannung wird einseitig geerdet. Das andere Ende liegt über dem Gleichrichter an der Siebkette, es ergibt

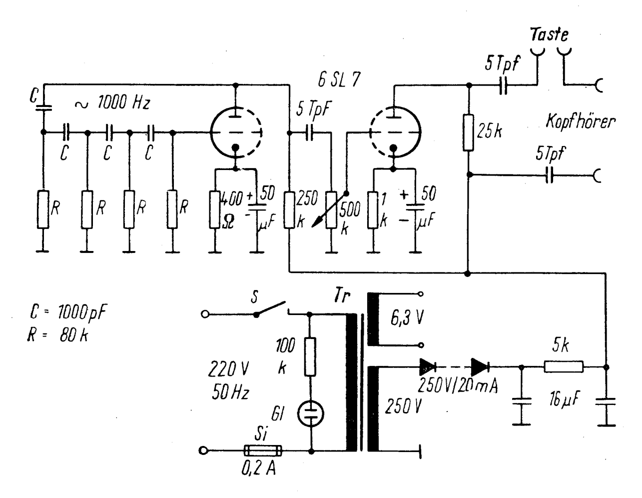


Bild 216. Schaltung des Tongenerators mit RC-Phasenkette

Bild 217. Blick auf das Chassis des fertiggestellten Tongenerators

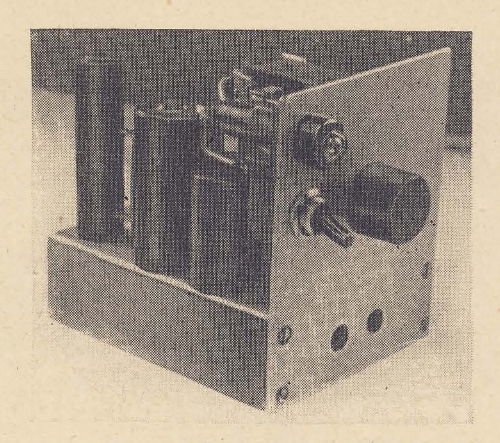
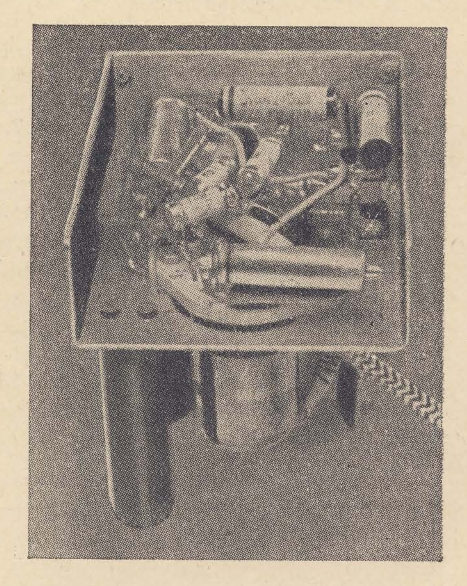


Bild 218. Blick auf die Verdrahtung des Tongenerators



sich eine Gleichspannung von etwa 170 V. Mit einem einpoligen Kippschalter wird das Gerät eingeschaltet. Vor größeren Schäden bewahrt eine Sicherung von 0,2 A.

Der mechanische Aufbau geht aus den Bildern 217 und 218 deutlich hervor. Er wird sich letzten Endes immer nach den verwendeten Einzelteilen richten. Vorn befinden sich der Netzschalter, die Anzeigeglimmlampe, der Lautstärkeregler und die Buchsen für die Morsetaste. Die Netzschnur und der Kopfhöreranschluß können seitlich oder rückwärts herausgeführt werden.

Stückliste

1 Röhre 6 SL 7 (bzw. ECC 81 oder ECC 83)
1 Röhrenfassung
4 Widerstände 80 kΩ 0,25 W
1 Widerstand 400 Ω 0,5 W
1 Widerstand 250 kΩ 0,5 W
1 Widerstand 1 kΩ 0,5 W
1 Widerstand 25 kΩ 0,5 W
1 Widerstand 5 kΩ 2 W
1 Widerstand 100 kΩ 0,25 W
4 Kondensatoren 1000 pF
3 Kondensatoren 5000 pF
2 Elkos 16 µF 350/380 V
2 Elkos 50 µF 6/8 V
2 Buchsenpaare 19 mm Abstand
1 Glimmlampe 220 V mit Fassung
1 Trockengleichrichter 250 V, 20 mA
1 Transformator primär 220 V sekundär 6,3 V, 0,3 A; 250 V, 0,02 A
1 Potentiometer 500 kΩ log.
1 Netzschalter 1polig
1 Sicherung 0,2 A mit Halterung

4.2 0-V-1 für Batteriebetrieb

Selbst im Zeitalter der Sputniks und der Atomtechnik hat der Einkreisempfänger seine Bedeutung für den Kurzwellenempfang keineswegs verloren. Er ist für den Anfänger immer noch das leicht zu bauende, nicht viel Aufwand erfordernde Gerät mit genügenden Empfangseigenschaften. Er reicht natürlich nicht an die Empfangseigenschaften eines großen, kommerziellen KW-Empfängers heran, aber um sich als Höramateur auf den KW-Bändern die ersten Sporen zu verdienen, genügt er schon.
Das Schaltbild für diesen Empfänger zeigt Bild 219. Der Empfänger besteht aus der Audionstufe (DF 96) und der Niederfrequenzstufe (DL 96). Die Audionröhre hat die Aufgabe, die von der Antenne aufgefangene HF-Spannung gleichzurichten. Durch die Anwendung einer Rückkopplung wird die Empfindlichkeit des Empfängers wesentlich gesteigert. Bei Telefonieempfang bringt man dabei die Rückkopplung bis kurz vor den Schwingungseinsatz. Für den Empfang unmodulierter Telegrafie wird die Rückkopplung über den Schwingungseinsatzpunkt hinaus eingestellt, so daß die unmodulierten Morsezeichen als Pfeiftöne hörbar sind. Beim Einstellen der Rückkopplung muß man mit etwas Geschicklichkeit verfahren, da die

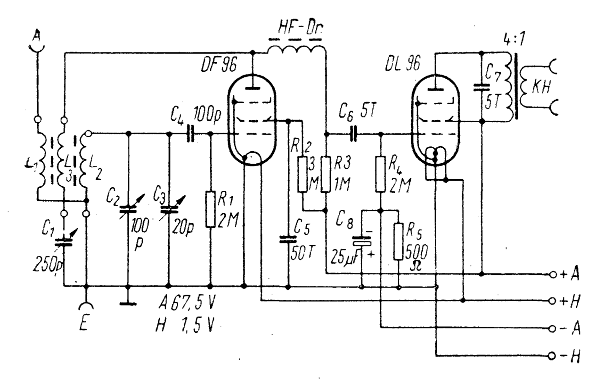


Bild 219. Schaltung des 0-V-1 für Batteriebetrieb

Empfangsleistung des Empfängers wesentlich vom richtigen Einstellen der Rückkopplung abhängt.
Von der Antenne gelangt die HF-Energie über die Antennenspule L 1 an den frequenzbestimmenden Schwingungskreis L 2—C 2/C 3. Dieser Schwingungskreis bestimmt jeweils die Empfangsfrequenz. Um im KW-Bereich ein leichtes Abstimmen des Schwingungskreises zu erzielen, wurde die Kreiskapazität aufgeteilt. Mit dem Drehkondensator C 2 (100 pF) wird die Grobabstimmung, mit dem Drehkondensator C 3 (20 pF) die Feinabstimmung auf die Empfangsfrequenz vorgenommen. Beide KW-Drehkondensatoren können leicht aus einem Drehkondensatoren-Baukasten des VEB Vorrichtungen, Dessau, hergestellt werden. Der Rückkopplungszweig besteht aus der Spule L 3 und dem Hartpapier-Drehkondensator C 1. Die Wicklungen der Spulen L 1, L 2 und L 3 befinden sich nebeneinander auf einem Spulenkörper. Die Rückkopplungsspule L 3 muß dabei gegensinnig zu den anderen beiden Spulen gewickelt werden.
Über die Gitterkombination C 4—R 1 gelangt die HF-Energie zum Steuergitter der Audionröhre DF 96. Zwischen Steuergitter und Katode erfolgt die Gleichrichtung. Die dabei entstehende Niederfrequenzspannung wird noch verstärkt und gelangt über den Kopplungskondensator C 6 an das Steuergitter der NF-Röhre. An der Anode der DF 96 ist neben der NF-Spannung noch eine restliche HF-Spannung vorhanden, die zur Rückkopplung ausgenutzt wird. Die HF-Drossel in der Anodenzuleitung verhindert, daß diese in den NF-Verstärker gelangt. Der Widerstand R 3 stellt den Arbeitswiderstand der Audionröhre dar, R 2 den Schirmgittervorwiderstand und C 5 einen Siebkondensator für das Schirmgitter. Die Gittervorspannung der NF-Röhre wird durch eine RC-Kombination R 5—C 8 erzeugt, die zwischen den Minus-Anschlüssen der Batterien und dem Minuspol der Schaltung liegt. R 4 ist der Gitterableitwiderstand der NF-Röhre. Im Anodenkreis liegt der Ausgangsübertrager, für den ein NF-Übertrager mit einem Übersetzungsverhältnis der Windungszahlen von etwa 4 : 1 bis 10 : 1 benutzt werden kann. Der parallelliegende Kondensator C 7 beschneidet die Höhenwiedergabe, die im KW-Empfänger nicht notwendig ist. An die Sekundärwicklung des Ausgangsübertragers wird der Kopfhörer angeschlossen.
Durch die Verwendung stromsparender Batterieröhren (Heizspannung 1,5 V, Heizstrom 75 mA, Anodenspannung 67,5 V, Anodenstrom 7 mA) wird eine lange Betriebsdauer der Batterien erreicht.

Tafel: Spulendaten

Frequenzbereich (MHz)	L 1 Wdg.	Drahtdurchmesser	L 2 Wdg.	Drahtdurchmesser	L 3 Wdg.	Drahtdurchmesser
2,5 bis 5,6	8	0,6	30	0,6	8	0,6
5,0 bis 11.0	4	0,8	10	0,8	4	0,6
10,0 bis 22,0	3	0,8	5	0,8	3	0,6
20,0 bis 44,0	11/2	0,8	4	1,0	3	0,6

Der Spulenkörper-Durchmesser für die ersten drei Bereiche beträgt 35 mm. Für den vierten Bereich ist ein Spulenkörper-Durchmesser von 20 mm erforderlich.

Stückliste

Röhre DF 96 und DL 96
KW-Drehkondensator 100 pF
KW-Drehkondensator 20 pF
Hartpapier-Drehkondensator 250 pF
3 Spulenkörper 35 mm ⌀
Spulenkörper 20 mm ⌀
HF-Drossel (etwa 2 bis 3 mH)
NF-Übertrager 4 : 1
Anodenbatterie 67,5 V
Monozelle 1,5 V
Widerstände
Kondensatoren
Elektrolytkondensator 25 μF (6/8 V)

4.3 0-V-1 für Wechselstrombetrieb

Eine Schaltung mit nur einer Elektronenröhre zeigt Bild 220. Es wird die Röhre ECF 82 verwendet, die zwei steile Röhrensysteme mit getrennten Katoden besitzt. Da die Röhre im Fernsehempfänger als Misch- und Oszillatorröhre dient, läßt sich damit ein leistungsfähiger KW-Empfänger aufbauen. Für das Audion findet das Pentodensystem Verwendung. Die Antenne wird induktiv über die Spule L 1 an den Audionkreis angekoppelt. Die Rückkopplung ist eine Schirmgitterrückkopplung. Die Regelung erfolgt durch Verändern der Schirmgitterspannung mit Hilfe des 50-kOhm-Potentiometers. Über ein HF-Siebglied wird die Niederfrequenz dem Steuergitter des Triodenteiles zugeführt. Die NF-Stufe weist keine weiteren Probleme auf. Das Audion besitzt als Außenwiderstand eine hochohmige NF-Drossel. Der Antenneneingang ist ausgelegt für symmetrische Antennen (Buchse oben und unten) und für unsymmetrische Antennen (mittlere Buchse „Antenne", untere Buchse erden). Für die Spulen können die Werte der Tafel auf Seite 218 verwendet werden. Die Werte der beiden HF-Drosseln sind nicht kritisch. Für die NF-Drossel nehmen wir einen Kern M 42, der mit möglichst dünnem Draht vollgewickelt wird. An Stelle der NF-Drossel kann auch ein Arbeitswiderstand von 100 bis 200 kOhm (1 W) eingeschaltet werden. Als Ausgangsübertrager

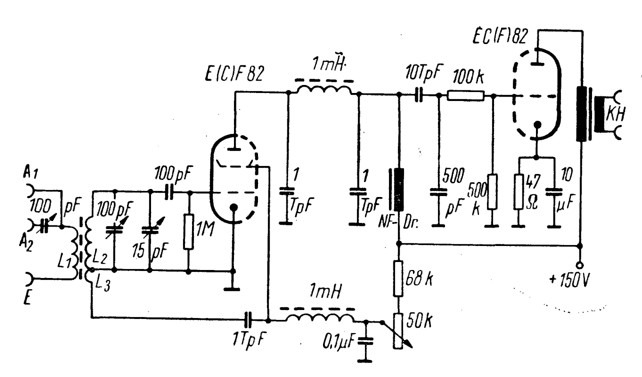


Bild 220. Schaltung des Einröhren-KW-Empfängers mit der Röhre ECF 82

eignet sich ein NF-Übertrager mit einem Übersetzungsverhältnis von 4 : 1 bis 6 : 1. Der Netzteil wird in üblicher Weise in Wechselstromausführung aufgebaut, die Anodenspannung soll 150 bis 250 V betragen.

Stückliste

Röhre ECF 82	1 NF-Übertrager 4 : 1
KW-Drehkondensator 100 pF	1 Potentiometer 50 kΩ lin.
3 Spulenkörper 35 mm ⌀	Widerstände
1 Spulenkörper 20 mm ⌀	Kondensatoren
2 HF-Drosseln 1 mH	Elektrolytkondensator 10 μF
1 NF-Drossel 100 bis 150 H	(6/8 V)

4.4 0-V-2 mit Tongenerator

Bild 221 zeigt das Schaltbild für diesen KW-Empfänger. Die Audionstufe (EF 80) ist in ähnlicher Weise aufgebaut wie beim 0-V-1. Das Einstellen der Rückkopplung erfolgt hier durch das Potentiometer P 1, mit dem die Höhe der Schirmgitterspannung geregelt wird. Anoden- und Schirmgitterspannung werden durch die Glimmröhre GR 26—16 auf 150 V stabilisiert. An Stelle der HF-Drossel verhindert bei dieser Schaltung das Siebglied R 2—C 5/C 6 ein Eindringen der restlichen HF-Spannung in den NF-Verstärker. Der NF-Verstärker ist zweistufig und benutzt die zwei Triodensysteme der Röhre ECC 83. Am Eingang liegt als Lautstärkeregler das Potentiometer P 2. Die Katodenwiderstände R 6 und R 9 sind nicht durch Elektrolytkondensatoren überbrückt, damit eine Gegenkopplung zur Linearisierung des Frequenzganges auftritt. Der NF-Verstärker ist mit Hilfe der Schalter S 1 a bis 1 c umschaltbar, um ihn auch als Morsegenerator benutzen zu können. S 1 a schaltet vom Verstärkerausgang zum Eingang den Kondensator C 12. Die Folge ist eine Rückkopplung, die den Verstärker schwingen läßt. Die Tonhöhe hängt von der Größe des Kondensators C 12 ab. S 1 b schaltet die Anodenspannung des NF-Verstärkers auf die stabilisierte Spannung von 150 V um, da diese für den Betrieb als Morsegenerator völlig ausreicht. Der Schalter S 1 c unterbricht die Anodenspannungszuführung, so daß mit Hilfe einer Morsetaste der Morsegenerator getastet werden kann. Der Netzteil zur Stromversorgung bereitet ebenfalls keine allzu großen Schwierigkeiten. Er kann ähnlich Bild 184 aufgebaut werden. Wir

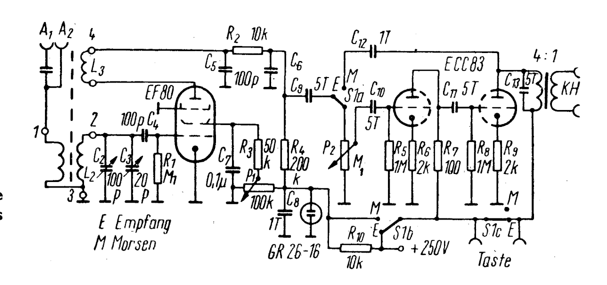
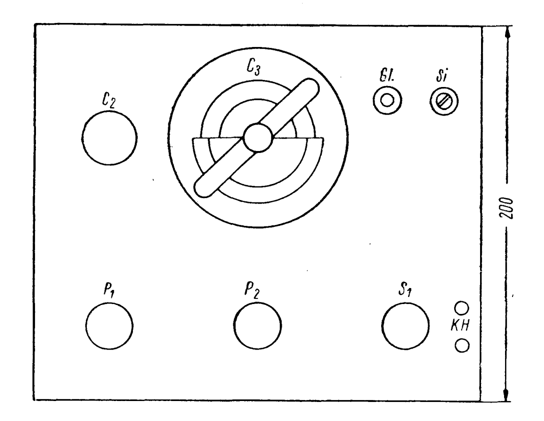


Bild 221. Schaltung eines 0-V-2 für KW-Empfang. Die beiden NF-Stufen können als Tongenerator umgeschaltet werden



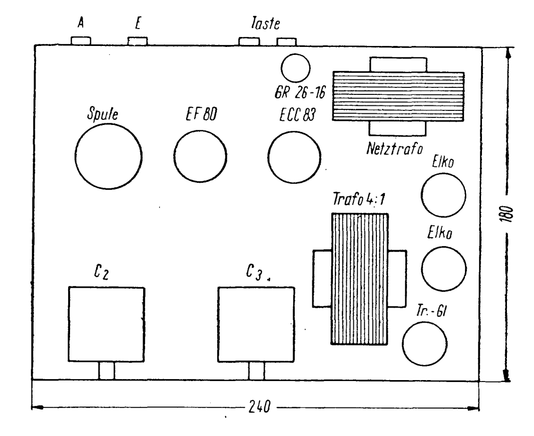


Bild 222. Aufbauschema der Frontplatte und des Chassis für den 0-V-2 mit Tongenerator

verwenden aber einen kleineren Netztransformator, da der Anodenstrom nur wenige mA beträgt.

Der Einschalter kann mit dem Lautstärkeregler kombiniert werden. Anoden- und Heizwicklung liegen mit einem Ende an Masse. Tritt beim Abstimmen des Empfängers ein Brummton auf, so ist es vorteilhaft, wenn parallel zum Trockengleichrichter (250 V, 30 mA) ein Kondensator von etwa 10 nF geschaltet wird. Die Siebung der Gleichspannung erfolgt durch zwei Elektrolytkondensatoren von wenigstens 32 μF. An Stelle einer Siebdrossel kann ein Siebwiderstand von 3 bis 5 kOhm verwendet werden.

Für den Aufbau des Empfängers eignet sich ein Chassis aus 1,5 bis 2 mm dickem Alu-Blech, dem man eine 2 mm dicke Alu-Frontplatte vorsetzt. Alle bedienbaren Bauelemente, wie Potentiometer, Schalter und Drehkondensatoren, werden an der Frontplatte angeordnet (Bild 222). Den Drehkondensator C 3 für die Feinabstimmung versieht man mit einem Skalenantrieb und einer entsprechenden Kreisskala. Der Schwin-

gungskreis für die Abstimmung und die Audionröhre ist so anzuordnen, daß keine allzu lange Leitungsführung entsteht. Als Spulenkörper werden entweder die Röhrensockel mit etwa 35 mm Durchmesser verwendet, die bereits Kontaktstifte besitzen oder entsprechendes Pertinaxrohr, das mit einem solchen Röhrenfuß verbunden wird. Die Tafel auf Seite 218 gibt für derartige Spulenkörper die Windungszahlen für die einzelnen KW-Bereiche an.

Stückliste

Röhre EF 80 oder EF 85 und ECC 83
Stabilisatorröhre GR 26—16
KW-Drehkondensator 100 pF
KW-Drehkondensator 20 pF
3 Spulenkörper 35 mm ⌀
Spulenkörper 20 mm ⌀
NF-Übertrager 4 : 1
Schalter 3 · 2
Potentiometer 1 MΩ log.
mit Schalter
Potentiometer 100 kΩ lin.

Widerstände
Kondensatoren
Bauelemente für Netzteil:
Netztransformator 250 V, 0,01 A,
6,3 V, 0,6 A
Siebwiderstand 3 kΩ/3 W
2 Elektrolytkondensatoren 50 μF
(350/380 V)
Selengleichrichter 250 V/30 mA
Sicherung 0,15 A mit Schraubfassung
Glimmlampe 220 V mit Fassung

4.5 Konverter für 80-m-Band

Die Rundfunkempfänger mit Kurzwellenbereich besitzen meist im KW-Gebiet lediglich den Empfangsbereich von etwa 16 bis 50 m (18,7 bis 6 MHz). In diesem Bereich liegen nur die Amateur-KW-Bänder 40 m (7,0 bis 7,1 MHz) und 20 m (14,0 bis 14,35 MHz). Während das 20-m-Band vor allem ein Weitverkehrsband ist, können vornehmlich am Wochenende auf dem 40-m-Band viele deutsche Amateurfunkstationen gehört werden. Der Empfang wird aber oft durch große kommerzielle KW-Stationen stark gestört. Das eigentliche Band für den Deutschlandverkehr ist das 80-m-Band (3,5 bis 3,8 MHz). Auf diesem Band ist es abends und zum Wochenende möglich, viele deutsche Amateurfunkstationen zu beobachten.

Um mit einem Rundfunkempfänger das 80-m-Band zu empfangen, benötigen wir einen sogenannten KW-Vorsetzer. Dieser Vorsetzer empfängt das 80-m-Band und setzt es frequenzmäßig so um, daß es mit einem Rundfunkempfänger auf dessen Mittelwellenbereich empfangen werden kann. Es ist also nicht notwendig, daß der dem KW-Konverter nachgeschaltete Rundfunkempfänger einen KW-Bereich besitzt. Im Konverter wird die Eingangsfrequenz mit einer erzeugten Oszillatorfrequenz so gemischt, daß im Ausgang eine Frequenz im Mittelwellenbereich entsteht, die man dann der Antennenbuchse des Rundfunkempfängers zuführt.

Ist zum Beispiel die Eingangsfrequenz $f_e = 3650$ kHz und die erzeugte Oszillatorfrequenz $f_o = 4650$ kHz, so entsteht bei der Mischung die Zwischenfrequenz

$$f_z = f_o - f_e = 4650 - 3650 = 1000 \text{ kHz}.$$

Wird diese Zwischenfrequenz auf dem Mittelwellenbereich des Rundfunkempfängers eingestellt, so empfangen wir die Signale im Rundfunkempfänger, die der Konverter auf der Frequenz 3650 kHz aufnimmt. Da der KW-Konverter einfach aufgebaut sein sollte, wurden fest abgestimmte Schwingungskreise im Eingang und im Oszillator vorgesehen. Um das gesamte 80-m-Band von 3500 bis 3800 kHz zu erfassen, muß deshalb der Mittelwellenbereich im Rundfunkempfänger entsprechend abgestimmt werden. Es ergibt sich zum Beispiel für den Bandanfang von 3500 kHz folgende Zwischenfrequenz

$$f_z = f_o - f_e = 4650 - 3500 = 1150 \text{ kHz}$$

und für das Bandende von 3800 kHz

$$f_z = f_o - f_e = 4650 - 3800 = 850 \text{ kHz.}$$

Das 80-m-Band liegt also auf dem Mittelwellenbereich im Frequenzbereich von 850 bis 1150 kHz.

Bild 223 zeigt die Schaltung des einfachen KW-Vorsetzers mit einer Röhre ECH 81. Die Antennenspannung gelangt über C 1 an die Antennenspule L 1 und wird induktiv an den frequenzbestimmenden Schwingungskreis L 2—C 2 übertragen. Den Schwingungskreis stimmt man fest auf die Bandmittenfrequenz (3650 kHz) des 80-m-Bandes ab. Über C 3 liegt die Eingangsfrequenz am ersten Steuergitter des Mischsystems der Röhre ECH 81. Die Oszillatorfrequenz von 4650 kHz wird im Triodenteil der Röhre ECH 81 erzeugt. L 4 und C 10 ist der frequenzbestimmende Schwingungskreis des Oszillators, L 3 die Rückkopplungswicklung. Sie besitzt zur Wicklung L 4 einen entgegengesetzten Wicklungssinn. Die erzeugte Oszillatorfrequenz liegt gleichzeitig am zweiten Steuergitter des Mischsystems. Im Anodenkreis erhalten wir die Zwischenfrequenz, die über C 6 der Antennenbuchse des Rundfunkempfängers zugeführt wird. Die übrigen Widerstände dienen zum Einstellen der Betriebsspannungen, die Kondensatoren zur Siebung und zur Abriegelung der Gleichspannung. Die Widerstände R 3

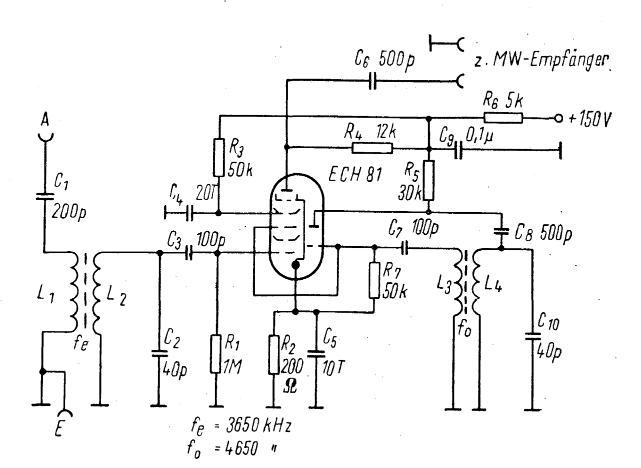
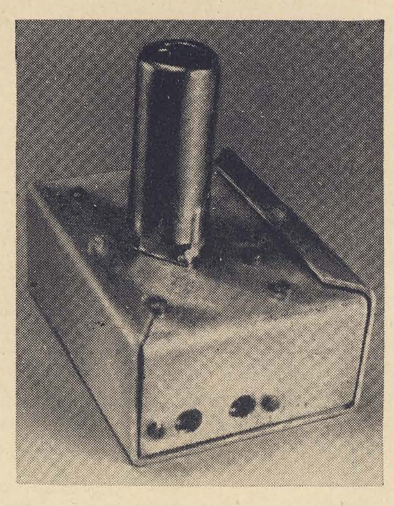


Bild 223. Schaltung des KW-Konverters für den Empfang des 80-m-Amateurbandes

Bild 224. Blick auf den fertiggestellten 80-m-Konverter



bis R 6 haben eine Belastbarkeit von 0,5 W, alle anderen von 0,25 W. Für die Kondensatoren genügt eine Spannungsfestigkeit von 250 V. Für die beiden Spulen werden Sperrkreise des VEB (K) Hochfrequenztechnische Werkstätten Meuselwitz verwendet. Für diese Spulenkörper mit HF-Eisenkern gelten folgende Windungszahlen

L 1	15 Wdg.	L 3	13 Wdg.
L 2	45 Wdg.	L 4	38 Wdg.

Als Draht wird Kupferlackdraht mit einem Durchmesser von 0,3 bis 0,5 verwendet. Der Abgleich erfolgt mit einem Grid-Dip-Meter auf die beiden angegebenen Fre-

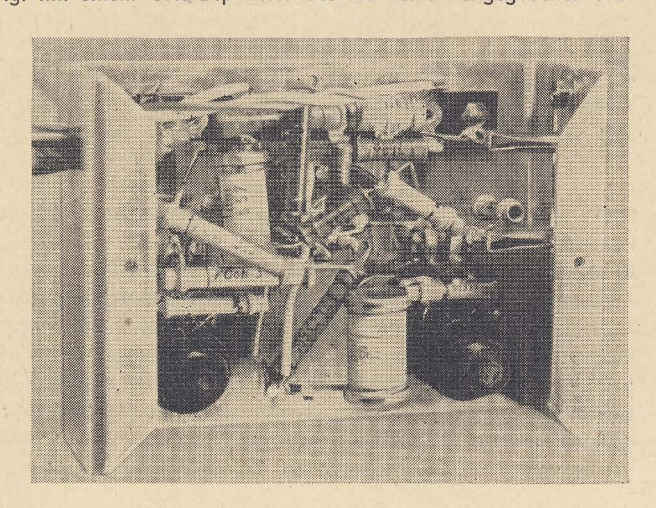


Bild 225. Blick in das verdrahtete Chassis des 80-m-Konverters

Bild 226. Maßskizze für das Chassis des 80-m-Konverters

Material: 2mm Alublech ---Biegekanten ⌀ Bohrungen 3,2mm ⌀

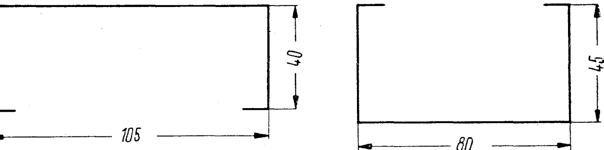


Bild 227. Biegeschema für die Teile A und B des 80-m-Konverters

quenzen. Der Aufbau des KW-Konverters ist aus Bild 224 und Bild 225 ersichtlich. Die Breite des Chassis beträgt 75 mm; dieses wird aus 2 mm starkem Aluminiumblech hergestellt (Bild 226 und 227).

Es ist empfehlenswert, das Chassis allseitig abzuschirmen und auch die Zuführung zur Antennenbuchse durch ein Stück abgeschirmtes HF-Kabel vorzunehmen. Die Röhre ECH 81 wird durch eine Metallkappe abgeschirmt. Die Stromversorgung kann aus dem nachgeschalteten Rundfunkempfänger entnommen werden. Die Heizspannung beträgt 6,3 V, die Anodenspannung kann zwischen 150 und 300 V liegen.

Ein solcher KW-Konverter ersetzt natürlich nicht einen kompletten KW-Empfänger, er kann in dieser Art nur ein Behelf sein. Vor allem müssen wir uns bei dem nachgeschalteten Rundfunkempfänger erst davon überzeugen, ob er nicht bei heraus-

gezogener Antenne noch viele Mittelwellensender bringt. Denn wenn bei einer gewissen Abstimmung im Bereich von 850 bis 1150 kHz ein starker MW-Sender empfangen wird, dann ist von dem KW-Sender nichts mehr zu hören.

Stückliste

Röhre ECH 81	Röhren-Metallabschirmung
2 Spulenkörper (HFW, Meuselwitz)	Kondensatoren
2 Doppelbuchsen (19 mm Abstand)	Widerstände

4.6 Konverter für 15, 20 und 40 m

Im vorhergehenden Abschnitt wurde ein einfacher Konverter für den Empfang des 80-m-Amateurbandes beschrieben. Für größere Ansprüche bezüglich Empfindlichkeit und Trennschärfe ist die Schaltung in Bild 228 gedacht. Sie erlaubt den Empfang der Amateurbänder 15, 20 und 40 m. Bei entsprechendem Zusatz von Spulen und Schalterkontakten kann man natürlich den Konverter auch für den Empfang aller fünf KW-Amateurbänder auslegen. Im Gegensatz zum vorher beschriebenen Konverter entsteht bei diesem im Ausgang der Mischröhre eine feste Zwischenfrequenz von 1,6 MHz. Der Nachsetzempfänger braucht deshalb nur einmal auf diese Zwischenfrequenz von 1,6 MHz eingestellt zu werden, die am kurzwelligen Ende des Mittelwellenbereiches liegt. Allerdings muß man nun den Oszillatorkreis zusammen mit den Eingangskreisen abstimmen. Da wir aber nur verhältnismäßig schmale Frequenzbänder empfangen, sind die Gleichlaufprobleme nicht so sehr kritisch.
Der Konverter nach Bild 228 verwendet zwei Röhren EF 80 als HF- und als Mischröhre sowie eine Röhre EC 92 als getrennte Oszillatorröhre. Bei entsprechender Dimensionierung kann auch eine Röhre ECH 81 als Misch/Oszillatorröhre eingesetzt werden. Die Antenne wird durch einen kleinen Drehkondensator für jedes Band optimal angepaßt. Wer eine induktive Ankopplung der Antenne vorzieht, kann auf den Spulenkörpern der Spulen L_1 bis L_3 entsprechende Ankopplungsspulen für die Antenne vorsehen. Die Windungszahl soll jeweils etwa $^1/_3$ bis $^1/_2$ der der Schwingkreisspule be tragen. Allerdings empfiehlt es sich dann, den 25-pF-Drehko parallel zum Schwingungs kreis der Eingangsröhre anzuschließen, damit man Verstimmungen des Eingangskreises durch die Antenne ausgleichen kann. Beim Eichvorgang dreht man diesen Drehko halb ein.
Die Abstimmung des Konverters geschieht durch einen Dreifach-Drehkondensator von 3 · 500 pF, der entsprechend elektrisch verkürzt wurde. Die Umschaltung auf die einzelnen Bänder erfolgt durch einen keramischen Stufenschalter mit 3 · 4 Kontakten, Fabrikat VEB Elektrogerätewerk Gornsdorf. Als Spulenkörper können 4-Kammer-Körper der Firma Görler, Stiefelkörperspulen oder andere gleicher Art verwendet werden. Anhaltswerte für die Spulendaten gibt die beigefügte Tabelle. Beim Aufbau des Spulensatzes ist darauf zu achten, daß keinesfalls die Spulen des Eingangskreises und des Zwischenkreises aufeinanderkoppeln. Da Eingangs- und Zwischenkreis auf die gleiche Frequenz abgestimmt sind, würde sonst eine Selbsterregung eintreten. Als günstig erweist es sich, wenn man ein Abschirmblech im Spulensatz vorsieht. Auf der

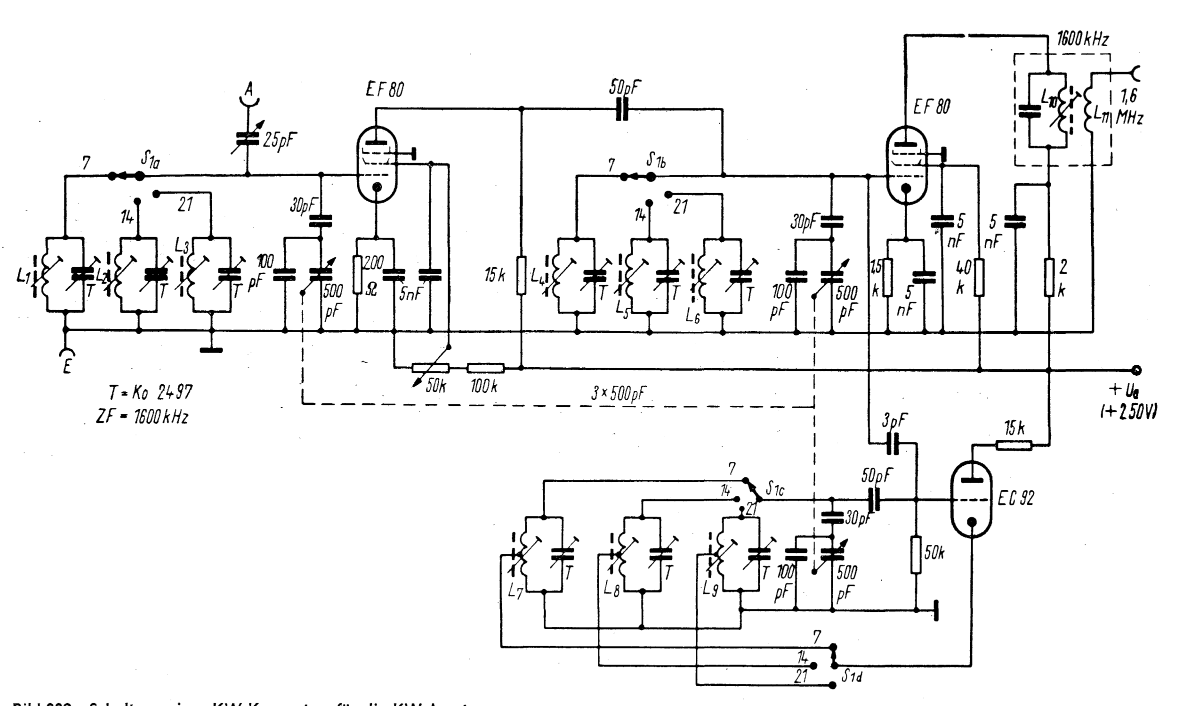


Bild 228. Schaltung eines KW-Konverters für die KW-Amateure

einen Seite werden die Eingangsspulen, auf der anderen Seite die Zwischenkreisspulen angeordnet. Zwischen den Oszillatorkreisspulen und den anderen Spulen treten keine schädlichen Folgen bei einer eventuellen Kopplung auf.
Die Mischröhre ist kapazitiv über 50 pF an die HF-Röhre angekoppelt. Der Arbeitswiderstand von 15 kOhm der HF-Röhre kann auch durch eine HF-Drossel ersetzt werden, die Induktivität soll etwa 50 bis 100 μH betragen. Im Ausgang der Mischröhre liegt der Schwingungskreis für die Zwischenfrequenz von 1,6 MHz. Bei einer Parallelkapazität von 100 pF muß die Schwingkreisspule L_{10} eine Induktivität von etwa 100 μH besitzen. Das sind bei einer Spule MV 311 etwa 52 Windungen HF-Litze 20 · 0,05. Die Auskopplungsspule L_{11} besitzt ungefähr $^1/_3$ der Windungszahl von L_{10}, also 17 Windungen HF-Litze 20 · 0,05. Verwendet man andere Spulenkörper, so kann die Berechnung der Windungszahlen ohne weiteres auf Grund der Berechnungshinweise in Teil I dieses Buches vorgenommen werden. Die Auskopplungsspule L_{11} wird gleichmäßig auf die Schwingkreisspule L_{10} gewickelt. Den ZF-Ausgang verbindet man mit der Antennenbuchse des nachgeschalteten Rundfunkempfängers durch ein Stück abgeschirmtes Koaxialkabel, sonst würden durch den Verbindungsdraht Mittelwellenempfänger an die Antennenbuchse des Rundfunkempfängers gelangen.
Beim Oszillatorkreis sind für jeden Bandwechsel zwei Schaltkontakte notwendig, einmal für das Gitter, zum anderen für die Rückkopplung der Spulenabgriff, der an die Katode geschaltet wird. Die Auskopplung erfolgt vom Gitter über eine kleine Kapazität von 3 pF zum Steuergitter der Mischröhre. Hat man einen so kleinen Kondensator nicht vorrätig, dann genügt es, wenn man am Steuergitter der Oszillatorröhre ein Stück isolierten Schaltdraht anlötet und ihn zum Steuergitter der Mischröhre führt und dort zweimal um den Gitteranschluß wickelt, natürlich mit Isolierung. Um eine feste Zwischenfrequenz von 1,6 MHz zu erhalten, ist der erforderliche Oszillator-Abstimmbereich bei den Spulenangaben genannt.
Ob man mit den gewickelten Spulen die erforderlichen Frequenz-Abstimmbereiche erhält, kann mit einem Grid-Dip-Meter grob bestimmt werden. Der Feinabgleich erfolgt mit einem Prüfsender. Dabei wird bei herausgedrehtem Drehkondensator mit dem Trimmer, bei hereingedrehtem Drehkondensator mit dem Spulenkern abgeglichen (siehe auch Kapitel 2.5). Steht kein Prüfsender für den Abgleich zur Verfügung, so kann man die Kreise bei der Bandmittenfrequenz (40 m = 7,05 MHz, 20 m = 14,2 MHz und 15 m = 21,25 MHz) auf größte Lautstärke abstimmen. Der Abfall an Empfindlichkeit an den Bandgrenzen ist gering und kann durchaus in Kauf genommen werden.

Besonderheiten der Schaltung:

Die HF-Vorröhre in Bild 228 besitzt eine über ein Potentiometer von 50 kOhm regelbare Schirmgitterspannung. Dadurch ist eine Regelung des Verstärkungsfaktors der HF-Röhre möglich. Bei stark einfallenden Sendern kann man die Verstärkung auf einen entsprechend kleineren Wert einstellen. Der gleiche Vorgang ist auch erzielbar durch ein Potentiometer von etwa 10 kOhm, das man in das erdseitige Ende des Katodenwiderstandes schaltet.

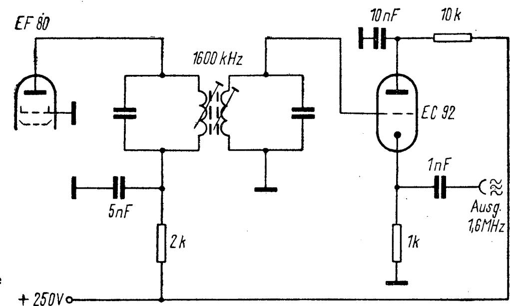


Bild 229. Niederohmige Ausgangsstufe für den KW-Konverter

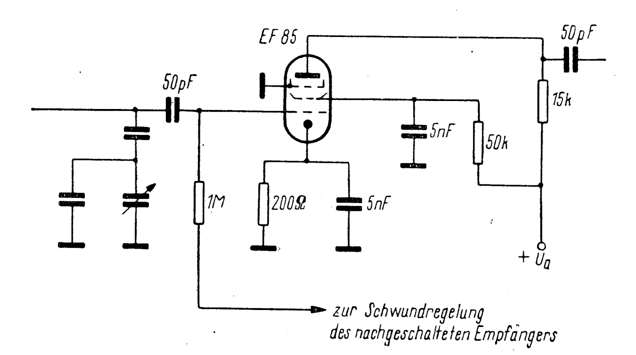


Bild 230. Notwendige Schaltungsänderung, wenn die HF-Vorstufe an die Schwundregelung des nachgeschalteten Empfängers angeschlossen werden soll

Eine Möglichkeit der niederohmigen Auskopplung der ZF aus dem Konverter zeigt Bild 229. Hierbei ist eine zusätzliche Röhre EC 92 vorgesehen, die als Anodenbasisstufe arbeitet. An der Katode wird über einen Kondensator von 1 nF die ZF niederohmig entnommen. Der ZF-Kreis im Ausgang der Mischröhre ist als Bandfilter ausgeführt.

Will man den Konverter an die Schwundregelung des nachgeschalteten Rundfunkempfängers anschließen, so muß die Schaltung der HF-Röhre nach Bild 230 geändert werden. Die Schwundregelspannung gelangt über einen Widerstand von 1 MOhm an das Steuergitter der HF-Röhre, für die sich an Stelle der Röhre EF 80 besser die Regelpentode EF 85 oder EF 89 empfiehlt. Gegen den Eingangsschwingkreis muß man die Schwundregelspannung kapazitiv abblocken (50 pF), da sonst über die Schwingkreisspulen die Schwundregelspannung kurzgeschlossen wird.

Die Stromversorgung des Konverters kann aus einem eingebauten oder einem getrennten Netzteil erfolgen. Benötigt werden eine Heizspannung von 6,3 V/0,8 A und eine Anodenspannung von 250 V/30 mA. Der Aufbau des Konverters wird auf einem Chassis mit Frontplatte durchgeführt. Auf der Frontplatte befinden sich die Skala, der Bandumschalter, der Empfindlichkeitsregler sowie der Abstimmknopf, Antenneneingang und ZF-Ausgang dagegen an der Rückfront des Chassis.

Spulendaten für den KW-Konverter

a) 40-m-Band

Eingangsfrequenz: 7,0 bis 7,1 MHz
Oszillatorfrequenz: 8,6 bis 8,7 MHz
L_1 = 22 Wdg., 0,3-mm-CuL, Görler-4-Kammer-Körper
L_4 = 22 Wdg., 0,3-mm-CuL, Görler-4-Kammer-Körper
L_7 = 18 Wdg., 0,3-mm-CuL, Anzapfung von Masse an der 5. Wdg., Görler-4-Kammer-Körper

b) 20-m-Band

Eingangsfrequenz: 14,0 bis 14,35 MHz
Oszillatorfrequenz: 15,6 bis 15,95 MHz
L_2 = 12 Wdg., 0,5-mm-CuL, Görler-4-Kammer-Körper
L_5 = 12 Wdg., 0,5-mm-CuL, Görler-4-Kammer-Körper
L_8 = 10 Wdg., 0,5-mm-CuL, Anzapfung von Masse an der 3. Wdg., Görler-4-Kammer-Körper

c) 15-m-Band

Eingangsfrequenz: 21,0 bis 21,45 MHz
Oszillatorfrequenz: 22,6 bis 23,05 MHz
L_3 = 8 Wdg., 0,5-mm-CuL, Görler-4-Kammer-Körper
L_6 = 8 Wdg., 0,5-mm-CuL, Görler-4-Kammer-Körper
L_9 = 6 Wdg., 0,5-mm-CuL, Anzapfung von Masse an der 2. Wdg., Görler-4-Kammer-Körper

4.7 Kleinsuper für 80-m- und 40-m-Band

Die nachfolgende Schaltung wurde erstmalig in einem Handbuch der amerikanischen Funkamateure beschrieben. Es handelt sich dabei um einen Empfänger, der ohne Bandumschaltung den Empfang des 80-m- und des 40-m-Amateurbandes gestattet. Es ist ein echter Bandempfänger, da beide Empfangsbereiche jeweils 500 kHz umfassen. Die Bandumschaltung erfolgt, indem bei der Mischung der Eingangs- und der Oszillatorfrequenz einmal die Differenz und einmal die Summenfrequenz ausgenutzt wird. Der Oszillator des Empfängers ist von 5,2 bis 5,7 MHz abstimmbar, die Zwischenfrequenz beträgt 1,7 MHz. Für die Anwendung der Differenzfrequenz ergibt sich folgender Empfangsbereich

$$f_A = 5{,}2\ \text{MHz} - 1{,}7\ \text{MHz} = 3{,}5\ \text{MHz},$$
$$f_E = 5{,}7\ \text{MHz} - 1{,}7\ \text{MHz} = 4{,}0\ \text{MHz}.$$

Man empfängt also das 80-m-Amateurband im Bereich von 3,5 bis 4,0 MHz. Für die Anwendung der Summenfrequenz ergibt sich folgender Frequenzbereich

$$f_A = 5{,}2\ \text{MHz} + 1{,}7\ \text{MHz} = 6{,}9\ \text{MHz},$$
$$f_E = 5{,}7\ \text{MHz} + 1{,}7\ \text{MHz} = 7{,}4\ \text{MHz}.$$

Es wird also das 40-m-Amateurband im Bereich von 6,9 bis 7,4 MHz empfangen.

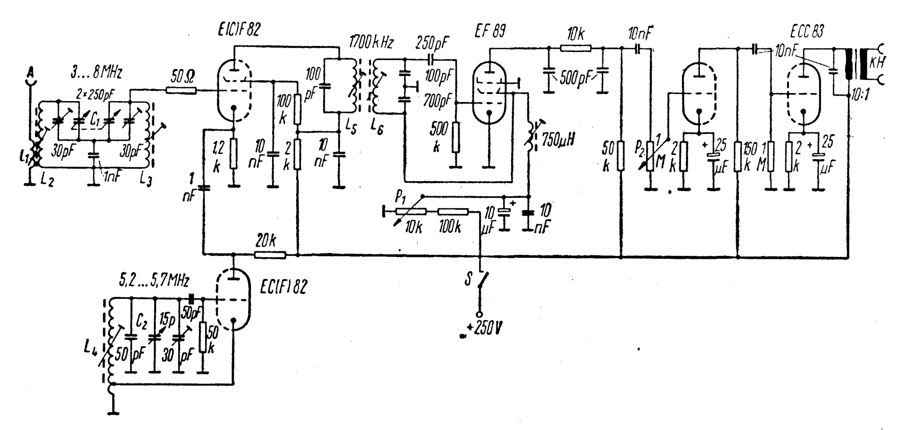


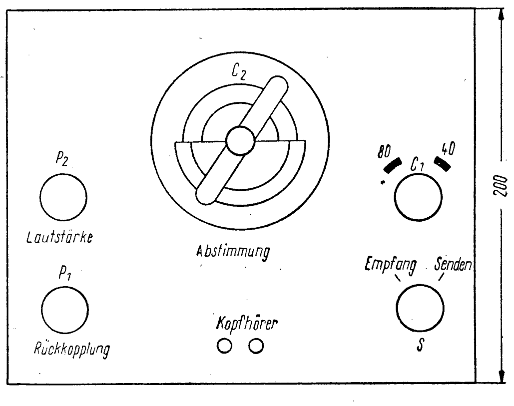
Bild 231. Schaltung des KW-Kleinsupers für zwei Amateurbänder

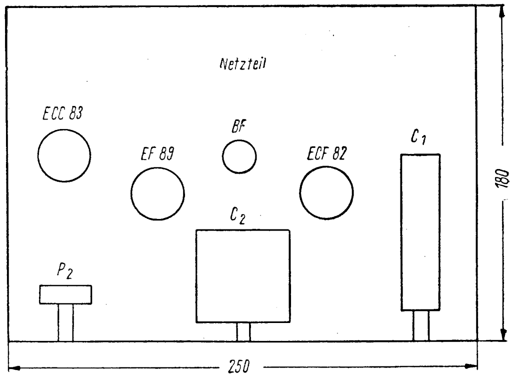
Die Eingangsschaltung ist als Bandfilter aufgebaut und umfaßt mit der Drehkoabstimmung den Frequenzbereich von 3 bis 8 MHz. Es wurde eine kapazitive Stromkopplung für das Eingangs-Bandfilter angewendet, da dieses für die jeweiligen Spiegelfrequenzen als zweigliedrige Siebkette wirkt (Bild 231). Die beiden Drehkondensatoren werden gemeinsam abgestimmt und auf das zu empfangende Amateurband grob eingestellt. Der Oszillator arbeitet in ECO-Schaltung und ist von 5,2 bis 5,7 MHz abstimmbar. Auf der Achse des Oszillator-Drehkondensators wurde der Skalenzeiger befestigt. Die Skala eicht man für die beiden Amateurbänder.

Zur Mischung wird die Oszillatorfrequenz kapazitiv an die Katode der Mischröhre gekoppelt. Als Misch-Oszillatorröhre findet die Röhre ECF 82 Verwendung. Im Anodenkreis der Mischröhre liegt das auf 1,7 MHz abgestimmte ZF-Bandfilter. Die Demodulation erfolgt in einer rückgekoppelten Audionschaltung mit der Röhre EF 89. Die Rückkopplung arbeitet mit einer kapazitiven Spannungsteilung über das Schirmgitter. Die Regelung der Rückkopplung nimmt man durch Verändern der Größe der Schirmgitterspannung mit Hilfe des Potentiometers P 1 vor. Die demodulierte NF-Spannung wird in einem zweistufigen NF-Verstärker mit der Röhre ECC 83 verstärkt. Im Ausgang liegt ein NF-Übertrager 4 : 1, an dem wir die Kopfhörer anschließen. Der Netzteil wird in üblicher Weise für Wechselstrombetrieb aufgebaut. Der Schalter S schaltet bei Sendebetrieb die Anodenspannung des Empfängers ab.

Bild 232 zeigt einen Aufbauvorschlag für diesen Empfänger, aus dem alle Einzelheiten hervorgehen. Beim Eingangs-Bandfilter ist darauf zu achten, daß die Spulen L 2 und L 3 sich nicht koppeln dürfen. Entweder werden abgeschirmte Spulenkörper (Abstand etwa 50 mm) verwendet, oder man fügt ein Abschirmblech zwischen beiden Spulen ein. Die Bandfilterspulen L 5/L 6 sind induktiv gekoppelt. Offene Spulen werden in einem Abstand von etwa 30 mm gegeneinander aufgebaut. Allerdings können auch übliche Bandfilter, z. B. Görler-Filter mit Kammerkörper, verwendet werden, die man aber

Bild 232. Aufbauschema der Frontplatte und des Chassis des KW-Kleinsupers





entsprechend umwickeln muß. Für die einzelnen Spulen gelten etwa folgende Induktivitätswerte:

L 1	$^1/_4$ der Windungszahl von L 2,
L 2 und L 3	10 µH,
L 4	10 µH, Anzapfung bei $^1/_6$ der Windungszahl,
L 5 und L 6	85 µH.

Die Abstimmdrehkondensatoren können aus dem Drehkobaukasten (VEB Vorrichtungsbau Dessau) hergestellt werden. Bei CW-Empfang wird wie bei jedem anderen Audionempfänger verfahren.

Stückliste

Röhren ECF 82, EF 89, ECC 83
4 HF-Kammer-Spulenkörper (Görler)
ZF-Bandfilter (Görler)
2 Elektrolytkondensatoren 25 µF (5/8 V)
Elektrolytkondensator 10 µF (100/110 V)

Potentiometer 10 kΩ lin.	Drehkondensator 1polig
Potentiometer 1 MΩ log.	NF-Übertrager 4 : 1
3 Trimmer 30 pF	Kondensatoren
	Widerstände

4.8 Fuchsjagd-Peilempfänger für 80 m

Die Fuchsjagd ist ein sehr beliebter Sport bei den Funkamateuren der Gesellschaft für Sport und Technik. Benutzt wird ein kleiner Peilempfänger, mit dessen Hilfe man einen oder mehrere versteckte Sender während ihres Betriebes anpeilt. Bei den Fuchsjagd-Peilempfängern handelt es sich um kleine tragbare Empfangsgeräte, die zum Peilen mit einer speziellen Empfangsantenne ausgerüstet sind. Verwendet werden entweder eine Rahmenantenne oder eine Ferritantenne. Diese Antennenkonstruktionen haben die Eigenschaft, sehr richtungsempfindlich zu sein. Das heißt, man kann mit ihnen bei Beachtung bestimmter Forderungen die Richtung zum Standort des Senders bestimmen, den man empfängt.

Beim Empfang eines Fuchsjagdsenders mit einer Peilantenne ergeben sich zwei Maxima und zwei Minima der Lautstärke. Gepeilt wird nach der Minimum-Methode, da dabei auf Grund der Empfindlichkeit des menschlichen Ohres eine wesentlich genauere Peilung möglich ist. Gegenüber der Minimumpeilung ist der Aufnahmewinkel bei der Maximumpeilung dreimal größer und damit ungenauer. Bild 233 zeigt die Peilempfindlichkeit einer Rahmen- bzw. Ferritantenne, wobei die Pfeile in der Kreisfläche die Lautstärken bei der Senderaufnahme angeben. Da man mit der abgeschirmten Rahmenantenne (bei der Ferritantenne wird die Spule statisch abgeschirmt) nur die magnetischen Feldlinien aufnimmt, liegt der Sender in der Richtung des Empfangsminimums, also in der Richtung, in der man durch den Rahmen hindurchschaut. Da zwei Minima auftreten, kann der Sender vor dem Fuchsjäger (bei A) oder hinter dem Fuchsjäger (bei A′) liegen. Um eine eindeutige Seitenbestimmung vornehmen zu können, muß man außerdem das elektrische Feld aufnehmen, was mit Hilfe einer

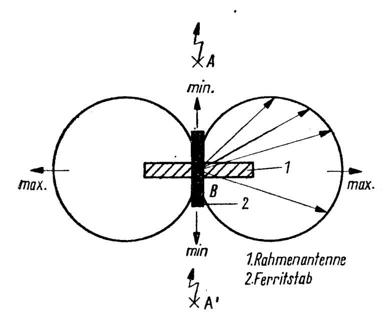


Bild 233. Peilempfindlichkeit bei einer Rahmen- bzw. Ferritantenne (Minimumpeilung)

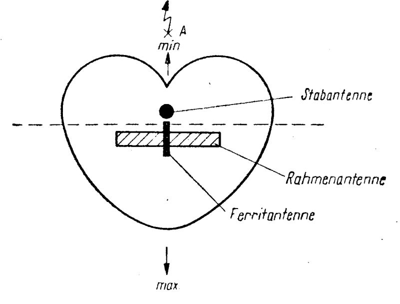
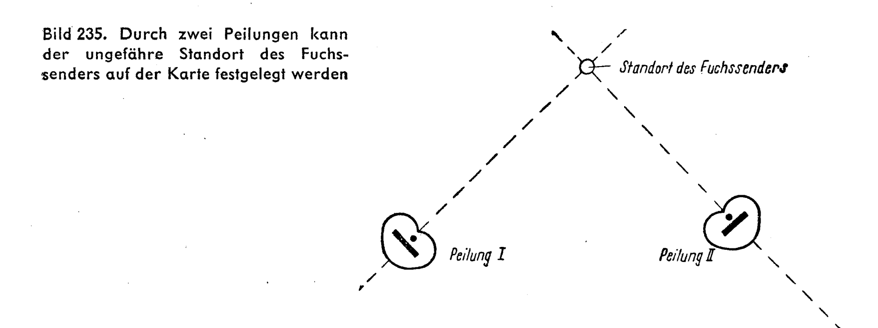


Bild 234. Peilempfindlichkeit einer Ferritantenne mit davor angeordneter Stabantenne (Minimumpeilung)

Bild 235. Durch zwei Peilungen kann der ungefähre Standort des Fuchssenders auf der Karte festgelegt werden



Stabantenne gelingt. Die Stabantenne wird vor der Rahmenantenne angeordnet. Die Peilempfindlichkeit verformt sich jetzt zu einer Herzkurve. Es tritt nur noch ein Minimum auf, der Sender kann also nur bei Punkt A seinen Standort haben.
Bild 234 erläutert diesen Vorgang. Überträgt man nun den ermittelten Peilstrahl auf eine Karte, so weiß man zwar die Richtung, in der der Sender liegt, aber noch nicht die Entfernung. Deshalb ist von einem zweiten Standort aus eine weitere Peilung notwendig. Nach dem Übertragen auf die Karte werden sich bei genauer Peilung die beiden Peilstrahlen schneiden. In der Nähe des Schnittpunktes der Peilstrahlen ist dann der Fuchssender zu suchen. Bild 235 zeigt diesen Vorgang. (Siehe auch „Der praktische Funkamateur" Bd. 7 „Fuchsjagd-Peilempfänger".)
Als Fuchsjagd-Peilempfänger benutzt man auf dem 80-m-Band (3,5 bis 3,8 MHz, wobei für Fuchsjagden meist nur der Frequenzbereich von 3,5 bis 3,6 MHz in Frage kommt) vorwiegend Geradeausempfänger mit drei oder vier Batterieröhren. HF-Vorstufe und Audionstufe werden bei beiden Empfängerarten verwendet. Der Unterschied besteht in der Anwendung einer NF-Stufe (3-Röhren-Gerät) oder zweier NF-Stufen (4-Röhren-Gerät). Zur Röhrenbestückung nimmt man Batterieröhren der 91er Reihe oder der 96er Reihe (geringerer Heizstromverbrauch).

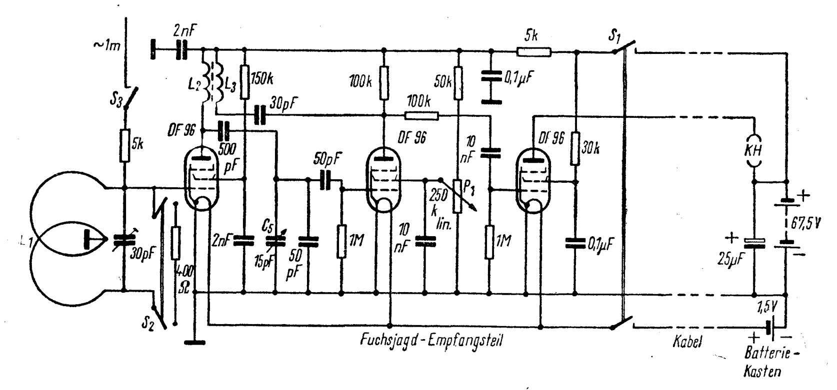


Bild 236. Schaltbild für den beschriebenen Fuchsjagdempfänger (1-V-1)

3-Röhren-Empfänger

2 · DF 91 und DL 91 bzw. 2 · DF 96 und DL 96

4-Röhren-Empfänger

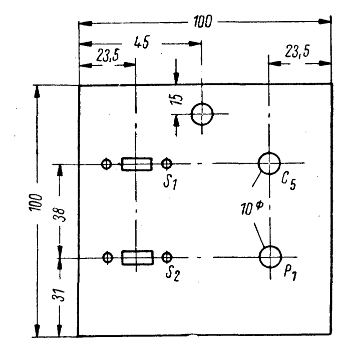
3 · DF 91 und DL 91 bzw. 3 · DF 96 und DL 96

Bild 236 zeigt die Schaltung für einen bewährten Fuchsjagd-Peilempfänger mit drei Batterieröhren. Empfangsteil und Batterie-Stromversorgungsteil sind in getrennten Gehäusen untergebracht. Der Stromversorgungsteil enthält noch die Anschlußbuchsen für den Kopfhörer und wird am Gürtel befestigt oder an einem Riemen umgehängt. Den dadurch kleinen und leichten Empfangsteil kann man dann beim Peilen bequem in der Hand halten.

Den Eingangskreis bildet die Rahmenspule bzw. Ferritantennenspule und ein auf die Bandmittenfrequenz eingestellter keramischer Trimmerkondensator. Über einen Widerstand von 5 kOhm und einen Druckknopfschalter S 3 wird die Stabantenne angeschlossen. In der Sendernähe kann mit dem Schalter S 2 ein Widerstand von etwa 400 Ohm parallel zum Eingangskreis gelegt und dieser dadurch unempfindlicher gemacht werden. Die Audion-Schwingkreisspule L 2 liegt im Anodenkreis der HF-Röhre DF 96. Mit dem Drehkondensator von etwa 15 pF kann man den Audionkreis auf die Frequenz des Fuchssenders abstimmen. Die Rückkopplung erfolgt durch die Rückkopplungsspule L 3. Die Regelung der Rückkopplung geschieht mit dem Potentiometer von 250 kOhm, wobei die Schirmgitterspannung der Audionröhre DF 96 verändert wird. Über den Widerstand von 100 kOhm und den Kopplungskondensator von 10 nF gelangt die NF-Spannung an das Steuergitter der Endröhre DL 96. Im Anodenkreis liegt der Kopfhörer, mit dem die Sendungen des Fuchssenders abgehört werden können.

Zur Stromversorgung dient eine Anodenbatterie von 67,5 V, eine Monozelle von 1,5 V für die Heizung. Der Aufbau ist nicht kritisch und kann unter Verwendung von Kleinstbauteilen so eng wie möglich erfolgen, damit der Empfangsteil klein und leicht wird. Bild 237 a gibt die Maße des Gehäuses für den Empfangsteil an. Dieses Gehäuse besteht aus zwei U-förmig gebogenen Teilen aus 1,5 mm starkem Alu oder Dural.

Wie bereits gesagt, kann die Peilantenne entweder als Rahmenantenne oder als Ferritantenne aufgebaut werden. Infolge ihrer Größe ergibt sich mit der Rahmenantenne eine größere Empfindlichkeit. Allerdings ist die Ferritspule wesentlich eleganter und weniger hinderlich. Für die Rahmenantenne verwendet man ein Alu-Rohr mit einem Außendurchmesser von 10 mm (innen 8 mm). Es wird auf einen Durchmesser von 400 mm kreisförmig gebogen (vor dem Biegen etwa 1400 mm lang). An beiden Enden schneidet man soviel weg, daß beim fertigen Alureifen etwa 40 mm Luft bleiben. In den Alureifen werden dann sechs Windungen isolierter Kupferdraht (0,75 mm Durchmesser, einfacher Schaltdraht) hineingeschoben. Erforderlich sind etwa 8 m Schaltdraht. Die Mitte muß man kennzeichnen, da sie an Masse gelegt wird. Die Halterung erfolgt mit einem durchbohrten und waagerecht getrennten Klotz aus Hartholz oder Kunststoff auf dem Empfangsteil, siehe Bild 237 c.



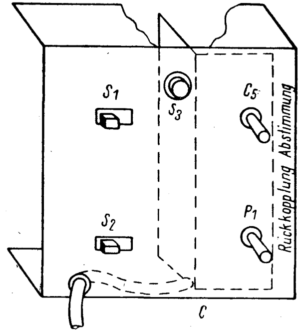


Bild 237 a. Maßskizze für die Frontplatte und Chassisanordnung des Fuchsjagdempfängers

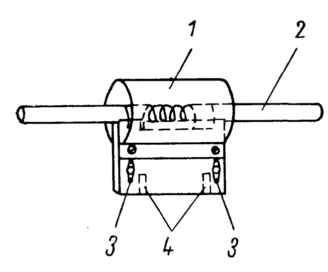


Bild 237 b. Aufbau der Ferritstabantenne. Abschirmung (1), Ferritstab (2), Spulenanschlüsse (3), Isolierstoffträger mit Gewindelöchern (4)

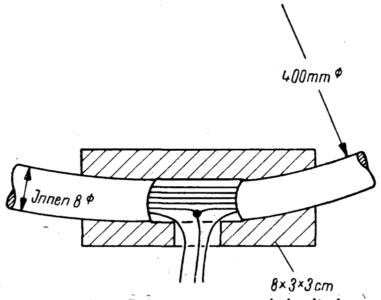
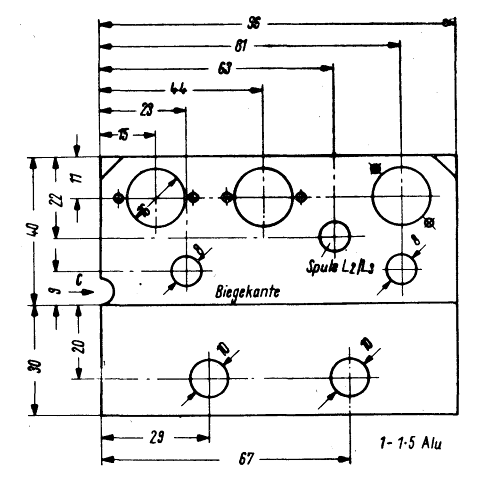


Bild 237 c. Eine Rahmenantenne wird mit einem Isolierstoffklotz befestigt



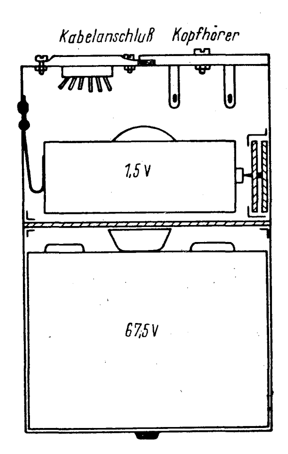


Bild 237 d (links). Maßskizze für das Chassis des Fuchsjagdempfängers
Bild 238 (rechts). Batteriegehäuse für den beschriebenen Fuchsjagdempfänger

Wesentlich einfacher ist die Herstellung einer Ferritantenne, die mit der Abschirmung auf einem 10 mm starken Streifen aus Plexiglas oder Kunststoff befestigt wird. Der Ferritstab hat einen Durchmesser von 8 bis 10 mm und eine Länge zwischen 140 und 200 mm. Je nach Ferritstab sind 15 bis 25 Windungen CuL von 0,3 mm Durchmesser notwendig. Mit einem Griddipper kann die Resonanz bei 3,55 MHz leicht eingestellt werden. Man muß darauf achten, daß die Abschirmung nicht geschlossen ist, sonst würde eine Kurzschlußwindung entstehen. Verwendet man für die Audionspule einen Görler-4-Kammer-Körper, so besitzt L 2 etwa 40 Windungen 0,2-mm-CuL 7 und L 3 etwa 15 Windungen 0,2-mm-Cul. Der Abstimmbereich soll zwischen 3,4 und 3,9 MHz liegen.

Das Batterie-Stromversorgungsgerät kann über ein Kabel angeschlossen werden (vierpolig). Bild 238 zeigt die Anordnung in einem Kasten, die Größe richtet sich nach den verwendeten Batterien. Elegant wäre die Anodenspannungsversorgung durch einen Transistor-Transverter. Ebenso könnte der NF-Verstärkerteil mit Transistoren bestückt werden. Wenn HF-Transistoren zur Verfügung stehen, kann auch der Peilempfänger volltransistorisiert werden.

5. UKW — DER MODERNE EMPFANGSBEREICH

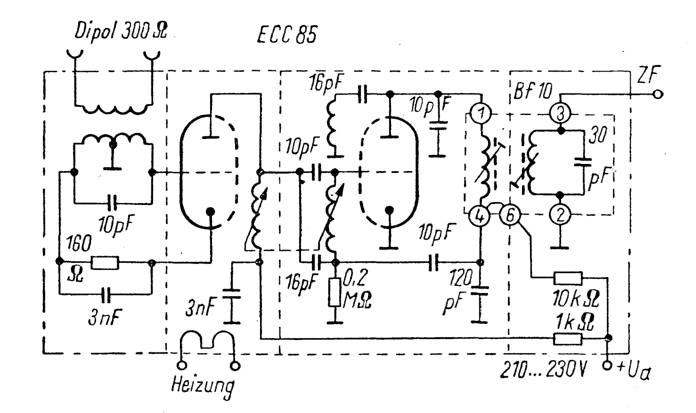
Mit der Einführung des UKW-Rundfunks hat der Hörrundfunk bedeutend an Qualität in der Wiedergabe gewonnen. Das liegt einmal in dem erweiterten Frequenzbereich der übertragenen Tonfrequenz, zum anderen in der geringen Störanfälligkeit der Ultrakurzwellen. Für eine gute Wiedergabequalität wird deshalb der UKW-Bereich den anderen Wellenbereichen beim Hörrundfunkempfang vorgezogen. Moderne Rundfunkempfänger sind heute für den UKW-Empfang im Bereich von 87,5 bis 100 MHz eingerichtet. Wer einen älteren Rundfunkempfänger besitzt oder eine elektroakustische Anlage aufbauen will, sollte sich eines speziellen UKW-Superhets bedienen.

5.1 Der Neumann-Eingangsteil

Den wichtigsten Bauteil der UKW-Empfangsanlage bildet der Eingangsteil, der von der Firma G. Neumann unter der Bezeichnung U 4 hergestellt wird. Dieses Eingangsaggregat hat die Abmessungen 85 · 58 · 85 mm. Es besitzt einen starren konstruktiven Aufbau und eine präzise Achslagerung. Die Achsstummellängen betragen bei einem Durchmesser von 6 mm je 12 mm und sind für den Antrieb in beiden Richtungen geeignet. HF-mäßig liegt ein günstiger Aufbau vor, die Abgleichpunkte sind bequem zugänglich. Ebenso ist es leicht möglich, einen Röhrenwechsel nach dem Einbau vorzunehmen. Auf dem Aggregat U 4 ist das erste ZF-Filter mit aufgebaut. Als Schaltelemente wurden keramische Kondensatoren und Spulenkörper aus Polystyrol verwendet.

Die Abstimmung der Spulen erfolgt mit Aluminiumkernen. Der Triodeneingang ist in Zwischenbasisschaltung ausgeführt. Die Mischung erfolgt additiv. Die Oberwellenab-

Bild 239. Schaltung des UKW-Eingangstuners der Firma G. Neumann



strahlung ist bei diesem Einbauteil gering, und er besitzt durch eine Temperaturkompensation eine hohe Frequenzkonstanz. Durch die geteilte Antriebsachse wird eine Gleichlaufkorrektur möglich. Der Eingang ist für 300 Ohm vorgesehen. Die selbstschwingende Mischtriode besitzt induktive Rückkopplung und Oberwellensperre. Die Symmetrierung erfolgt kapazitiv. Das Aggregat, mit der Röhre ECC 85 bestückt, kann für Allstrom auch mit der Röhre UCC 85 verwendet werden. Die Zwischenfrequenz beträgt 10,7 MHz. Der Einbau des Aggregates erfolgt unter dem Chassis, wodurch günstig kurze Verbindungsleitungen gewährleistet sind. Durch die Dreipunktbefestigung wird erreicht, daß sich das Aggregat auf einem nicht völlig ebenen Chassisblech kaum verspannen kann. Weiterhin ergibt sich dadurch eine gute Masseverbindung. Der Nachabgleich des Vorkreises ist mittels HF-Eisenkern auf Bandmitte möglich, der Nachabgleich des Zwischen- und Oszillatorkreises erfolgt durch Lösen der Kupplungsbuchse der Antriebsachse. Beim Nachabgleich des Filters ist zu beachten, daß unten der Anoden-, oben der Gitterkreis abgeglichen wird. Durch dieses neue Gerät ist das Frequenzspektrum von 87 bis 100 MHz über die ganze Skala gleichmäßig verteilt.
Bild 239 zeigt die Schaltung des von der Firma G. Neumann vorabgeglichen gelieferten UKW-Eingangsteiles U 4. Am Sekundärkreis des eingebauten Bandfilters erhalten wir die Zwischenfrequenz von 10,7 MHz.

5.2 Der UKW-ZF-Verstärker

Der UKW-Empfangsteil kann mit 9 oder 11 Kreisen aufgebaut werden. Für den 9-Kreis-Super benötigen wir einen zweistufigen ZF-Verstärker mit dem Bandfilter BF-15 und dem Ratiodetektorfilter BF 16, die beide von G. Neumann hergestellt werden. Bei 11 Kreisen kommt eine weitere ZF-Verstärkerstufe mit dem Bandfilter BF 15 hinzu (Bild 240).
Der Bau eines solchen Hochleistungsgerätes erfordert naturgemäß mehr Kenntnis in der UKW-Technik als etwa ein 9-Kreiser, weil die ZF-Verstärkung wesentlich höher ist und damit stärkere Neigung zur Selbsterregung vorliegt. Es muß hier unbedingt

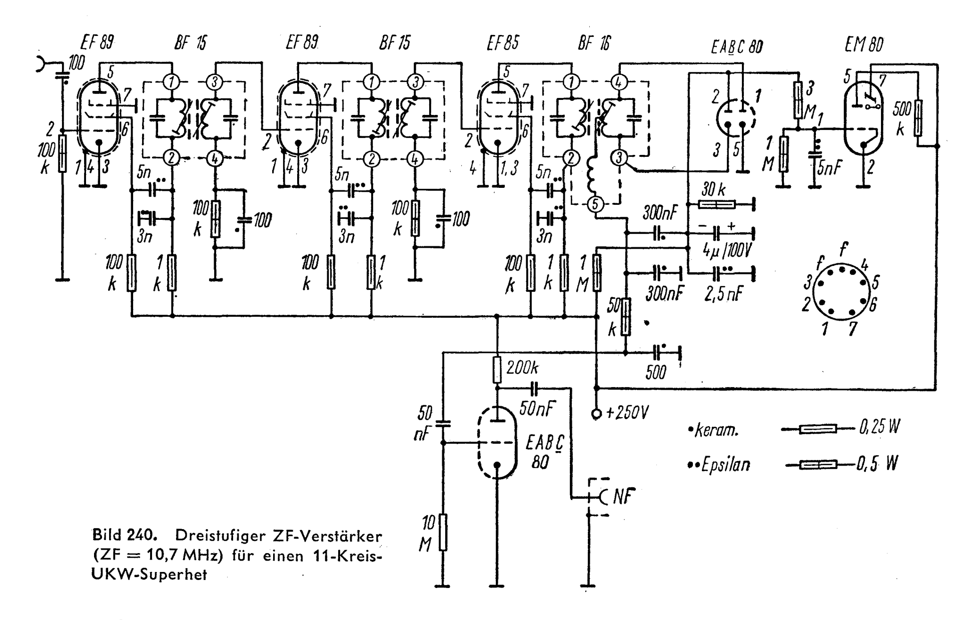


Bild 240. Dreistufiger ZF-Verstärker (ZF = 10,7 MHz) für einen 11-Kreis-UKW-Superhet

auf kürzeste Leitungsführung innerhalb der einzelnen ZF-Stufen geachtet werden. Insbesondere die Gitter- und Anodenleitungen sind extrem kurz auszuführen, indem man die Röhrenfassungen und die Bandfilter so zueinander anordnet und verdreht, daß die Lötanschlüsse zueinander zeigen, ja sich sogar berühren, so daß sie miteinander verlötet werden können. Die Spiralkeilhalterungen der Filter 15 und 16 begünstigen diesen Vorgang in besonderem Maße. Die kalten Heizfadenenden der ZF-Röhren sind getrennt von den übrigen Massepunkten der einzelnen Stufen an den freien Fassungsbefestigungsschrauben zu erden. In gleicher Art ist mit den 5-nF-Kondensatoren (Epsilan) an den Heizfäden der Röhren EF 89, EF 85 (bzw. EF 80) und EABC 80 zu verfahren. Die Anschlußdrähte der Schirmgitter- und Anodensiebkondensatoren (3 bzw. 5 nF) sollen ganz kurz gehalten werden und die Kondensatoren unmittelbar an den Röhrenfassungen sitzen. Auch die richtige Wahl der Masseanschlüsse der Begrenzungsglieder (RC) ist für die Unterdrückung der Schwingneigung von Bedeutung. Sollte trotzdem noch in geringem Umfang Schwingneigung auftreten, so sind die Anodenseiten der ZF-Filter 15 mit Widerständen 30 kOhm (0,1 W) zu bedämpfen, indem diese Widerstände möglichst innerhalb der Filter-Abschirmbecher parallel zu den betreffenden Wicklungen gelegt werden.

Der Widerstand 1 MOhm zwischen Anodenspannung und der Diodenelektrode 2 dient der Rauschunterdrückung beim Übergang von einem Sender zum anderen. Man kann ihn zu stärkerer Rauschunterdrückung kleiner dimensionieren, jedoch geschieht dies auf Kosten der Modulationslautstärke, d. h., sehr schwache Sender werden unterdrückt. Die Röhre EF 85 kann mit gutem Erfolg zur besseren Störunterdrückung durch eine

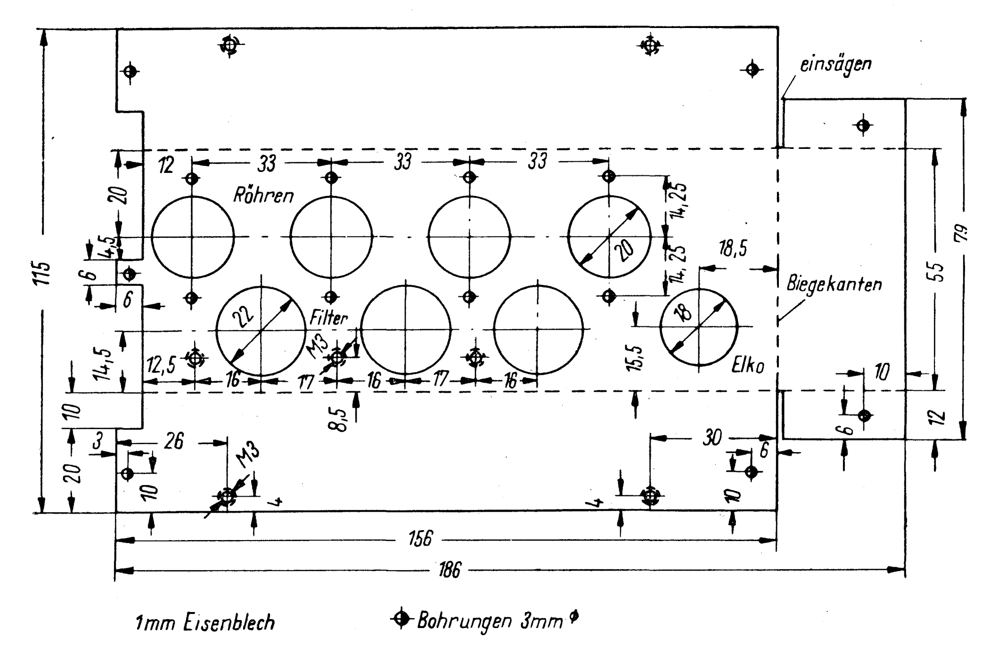


Bild 241. Maßskizze für das Chassis des UKW-Superhets

EF 80 ersetzt werden, wobei diese steilere Röhre dann mit einem Anodenwiderstand von 100 Ohm an Stelle von 1 kOhm zu betreiben ist. Die Begrenzung bzw. deren Einsatz hängt von der Zeitkonstante der im Zuge Gitter-Katode der ZF-Röhren (EF 89, EF 85 bzw. EF 80) liegenden RC-Kombination ab. Bekanntlich wird die Begrenzerröhre nicht mit einer festen Gittervorspannung betrieben, sondern die Verstärker- und Begrenzerwirkung bestimmt das RC-Glied, dessen Zeitkonstante und die Wahl des Arbeitspunktes (Schirmgitterspannung). Die Begrenzung soll möglichst schon bei schwachen Sendern einsetzen. In der unmittelbar vor der Demodulationsstufe liegenden ZF-Stufe sind die Werte 100 kOhm und 100 pF empfehlenswert; in der davorliegenden Stufe können Werte von 500 bis 100 kOhm und 50 pF die Begrenzung günstiger gestalten. Die Begrenzung setzt dann schon bei einem Signal von weniger als 3 μV ein. Zur Unterstützung der Begrenzerwirkung sei hier noch an die Möglichkeit der Bremsgitterregelung erinnert, wobei das Bremsgitter der EF 85 bzw. EF 80 an die Diodenelektrode 2 kurz und möglichst mittels abgeschirmter Leitung anzuschließen ist.

An Stelle der Röhre EABC 80 kann man auch die Doppeldiode EAA 91 für den Ratiodetektor verwenden. Erfordert der nachfolgende NF-Verstärker eine längere Zuleitung, so empfiehlt es sich, den NF-Ausgang des UKW-Teiles niederohmig auszuführen (siehe Bild 242). Dazu wird eine Triode EC 92 in Anodenbasisschaltung (Katodenverstärker) geschaltet. An der Katode kann dann die NF-Spannung entnommen und mit

einer längeren Leitung dem NF-Verstärker zugeführt werden, ohne daß die Gefahr von Brummeinstreuungen besteht. Bild 241 zeigt einen Vorschlag für das Chassis des UKW-Supers. Für den weniger Geübten ist es allerdings ratsamer, Eingangsteil, Röhren und Bandfilter auf einanderfolgend wie im Schaltbild anzuordnen, da dann bei der Verdrahtung weniger Schwierigkeiten auftreten.

5.3 UKW-Empfangsteil für Musikanlage

Den Empfang von Rundfunkprogrammen bei einer hochwertigen Musikanlage sollte man vor allem im UKW-Bereich vornehmen, weil dort große Störfreiheit vorhanden ist und außerdem die übertragene NF-Bandbreite alle Qualitätsansprüche befriedigt. Da im UKW-Bereich mit Frequenzmodulation gearbeitet wird, entfallen vor allem die atmosphärischen Störungen, außerdem kann infolge der großen ZF-Bandbreite ein breites NF-Band übertragen werden. Abweichend von Empfangsschaltungen bei K-M-L ist lediglich der Demodulatorteil des UKW-Empfängers anders ausgelegt.
Bild 242 zeigt die Schaltung für einen UKW-Empfangsteil mit neun Kreisen (drei im Eingang, sechs im ZF-Teil). Im Eingang wird der bewährte UKW-Eingangsteil „U 4" verwendet (siehe Abschnitt 5.1). Neben dem Eingangskreis, dem Zwischenkreis und dem Oszillatorkreis enthält er ausgangsseitig ein zweikreisiges Bandfilter für 10,7 MHz. Da der UKW-Eingangsteil vorabgeglichen geliefert wird, entfällt eine Menge Arbeit. Beim Einkauf des gesamten UKW-Spulensatzes erhält man auch die Bandfilter BF 15 und BF 16. Das Bandfilter BF 16 ist das Ratiodetektor-Bandfilter für die Demodulation. Im UKW-Eingangsteil erfolgt die Umsetzung des Eingangssignales auf die Zwischenfrequenz von 10,7 MHz. Diese gelangt vom Ausgang des Eingangsteiles über den Kondensator von 100 pF an das Steuergitter der ersten ZF-Röhre EF 89. Über ein Bandfilter BF 15 ist die zweite ZF-Röhre EF 89 angeschlossen. Durch den großen Schirmgitterwiderstand dieser Röhre (100 kOhm), wodurch eine kleine Schirmgitterspannung auftritt, und die am Steuergitter liegende RC-Kombination (100 kOhm-100 pF) wird die verstärkte ZF-Spannung begrenzt. Im Anodenkreis liegt dann das spezielle Demodulator-Bandfilter BF 16. Als Demodulator wird ein symmetrischer Ratiodetektor mit der Röhre EAA 91 benutzt. Die NF-Spannung erhält man nach dem Siebglied 50 kOhm/1 nF. Zu beachten ist, daß der Elektrolytkondensator 10 μF/100 V isoliert vom Chassis aufgebaut wird.
Vom Ratiodetektorteil erhält man auch die Steuerspannung für die Abstimmanzeigeröhre EM 84. Die NF-Spannung wird über einen Lautstärkeregler (500 kOhm log.) geführt und steuert die in Anodenbasisschaltung arbeitende Röhre EC 92. An der Katode erhält man niederohmig das Ausgangssignal, das nun über längere Leitungen zum Mischverstärker der Musikanlage gelangen kann, ohne daß Brummeinstreuungen zu befürchten sind. Um Verkopplungen zu vermeiden, empfiehlt es sich, bei den HF-führenden Röhren die Heizspannungszuführung zu verdrosseln und die Heizfäden kapazitiv mit 5 nF zu überbrücken (siehe Bild 242). Die Heizdrosseln Dr 1 bis Dr 3 kann man leicht selbst herstellen. Man nimmt für eine Drossel 750 mm Kupferlackdraht von 0,5 mm Durchmesser und wickelt diesen eng auf einen 6 mm starken Dorn,

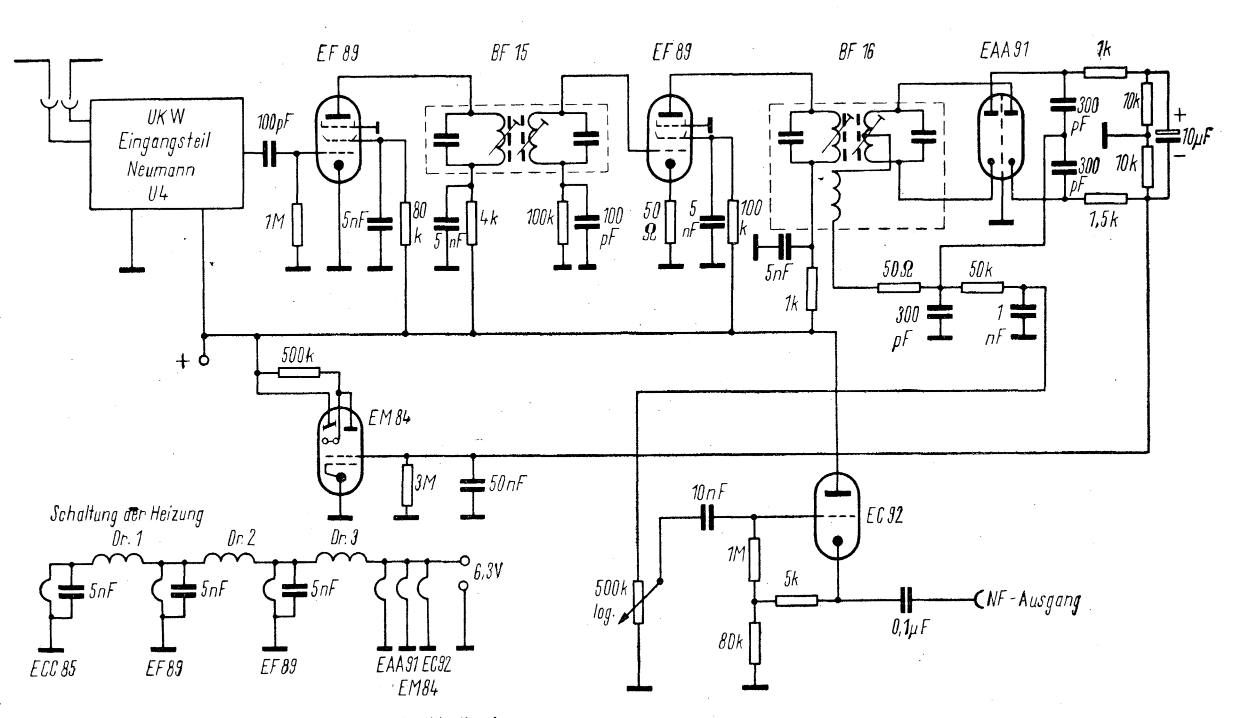


Bild 242. Schaltung des UKW-Empfangsteiles für eine Musikanlage

anschließend wird die Spule auf dem Dorn dick mit Duosan bestrichen. Nach dem Trocknen hat man eine fest zusammengefügte Heizdrossel.
Da der UKW-Eingangsteil vorabgeglichen geliefert wird, ist die Abstimmung des Empfangsteiles verhältnismäßig einfach. Vor dem 100-pF-Kondensator der ersten ZF-Röhre wird von einem Prüfsender ein Signal (10,7 MHz) eingekoppelt. Alle ZF-Kreise werden auf Maximum der Lautstärke abgeglichen. Zur Anzeige kann die Abstimmanzeigeröhre dienen oder ein hochohmiges Meßinstrument, das man parallel zum Elektrolytkondensator im Ratiodetektorteil legt. Die ZF-Kreise werden in der Reihenfolge von hinten (Ratiodetektor) nach vorn (1. ZF-Röhre) abgeglichen. Für den Aufbau des Chassis beachte die Hinweise in Abschnitt 5.2. Für Musikanlagen empfiehlt sich eine flache Bauweise mit eventuell senkrecht angeordnetem Chassis.

5.4 UKW-Antennen selbstgebaut

Zum Empfang von Sendungen auf dem Lang-, Mittel- oder Kurzwellenbereich benutzt man als Antenne entweder eine Zimmerantenne, die Wasserleitung oder eine Hochantenne. Die Antennenlänge steht dabei in keinem bestimmten Verhältnis zur ausgestrahlten Wellenlänge, so daß man von unabgestimmten Antennen sprechen kann. Das ist im UKW-Bereich (bei Rundfunk- und Fernsehübertragungen) anders. Für den Empfang dieser Sendungen benötigt man abgestimmte Antennen, deren geometrische Abmessungen in einem bestimmten Verhältnis zur ausgestrahlten Wellenlänge eines Senders in diesem Frequenzbereich stehen.
UKW-Antennen werden in den verschiedensten Bauformen industriell gefertigt. Für den Selbstbau eignen sich einfache Antennenformen, die man aus UKW-Bandleitung leicht herstellen kann. Bild 243 zeigt einige Antennenformen für den Selbstbau. Antennenform 1 stellt einen einfachen Schleifendipol dar aus einem Stück eines 240-Ohm-Flachbandkabels. Zu der in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Länge werden 20 mm zugegeben. An jeder Seite isoliert man 10 mm ab und verlötet die beiden Adern jeweils miteinander. In der Mitte der Schleife wird unten aufgeschnitten und die Zuleitung zum Empfänger angelötet. Diese Zuleitung besteht ebenfalls aus dem Bandkabel, für das man vorteilhaft die breite Sorte verwendet. Die Zuleitung kann beliebig lang sein. An das empfängerseitige Ende werden zwei Bananenstecker oder ein UKW-Anschlußstecker angeschlossen. Den Dipol kann man in einem Zimmer auf der Gardinenleiste oder auf dem Hausboden zwischen den Dachsparren befestigen. Die Zuführung zum Empfänger wird mit UKW-Zimmerisolatoren verlegt. Bei nicht zu großer Entfernung des Senders läßt sich mit dieser Antenne bereits ein brauchbarer Empfang erzielen.
Die Teilbilder 2 und 3 zeigen weitere Antennen, die aus Flachbandkabel hergestellt werden können. Bild 2 stellt eine Antenne mit Reflektor dar, bei Bild 3 kommt noch ein Direktor dazu. Es bringt keinerlei Vorteil, wenn man weitere Reflektoren anordnet. Eine Leistungssteigerung ist möglich durch das Anbringen weiterer Direktoren vor der Antenne sowie durch Vergrößerung der Antennenfläche. Dies erreicht man durch die Anordnung mehrelementiger Antennen über- und nebeneinander. Da aber bei der Erweiterung der Antenne die Anpassungsprobleme schwierig werden, muß man die

entsprechende Fachliteratur zu Rate ziehen. Durch Hinzufügen weiterer Direktoren erhält man die Antennenformen 4 und 5. Mit steigender Elementezahl wird der Fußpunktwiderstand der Antenne immer geringer. Das ist beim Anschluß der Zuleitung zur Antenne zu beachten. Industrielle Antennen werden meist so konstruiert, daß der Anschlußwiderstand 240 Ohm beträgt. Es kann also normales UKW-Bandkabel angeschlossen werden. Bei der selbstgebauten mehrelementigen Antenne muß man deshalb ein geeignetes Anpaßstück von einem Viertel der Wellenlänge (bei UKW unter Berücksichtigung des Verkürzungsfaktors des Bandkabels etwa 650 mm) zwischen Antenne und Zuführung schalten. Das Anpaßstück muß folgenden Widerstand besitzen

$$Z = \sqrt{Z_A \cdot Z_E},$$

wobei alle Werte in Ohm eingesetzt werden.

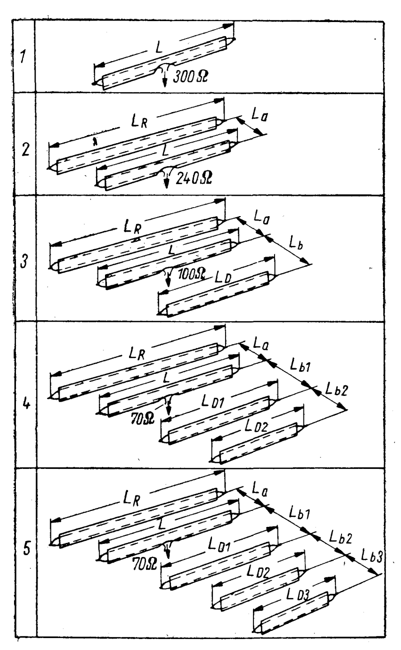


Bild 243. Selbstbau-Antennenformen für den UKW-Empfang

Antenne	Länge in cm										
Größen	L	L_r	L_d	L_{d1}	L_{d2}	L_{d3}	L_a	L_b	L_{b1}	L_{b2}	L_{b3}
1	136	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	136	145	—	—	—	—	60	—	—	—	—
3	136	145	132	—	—	—	70	60	—	—	—
4	136	148	—	140	137	—	60	—	60	66	—
5	134	156	—	145	139	130	45	—	60	60	63

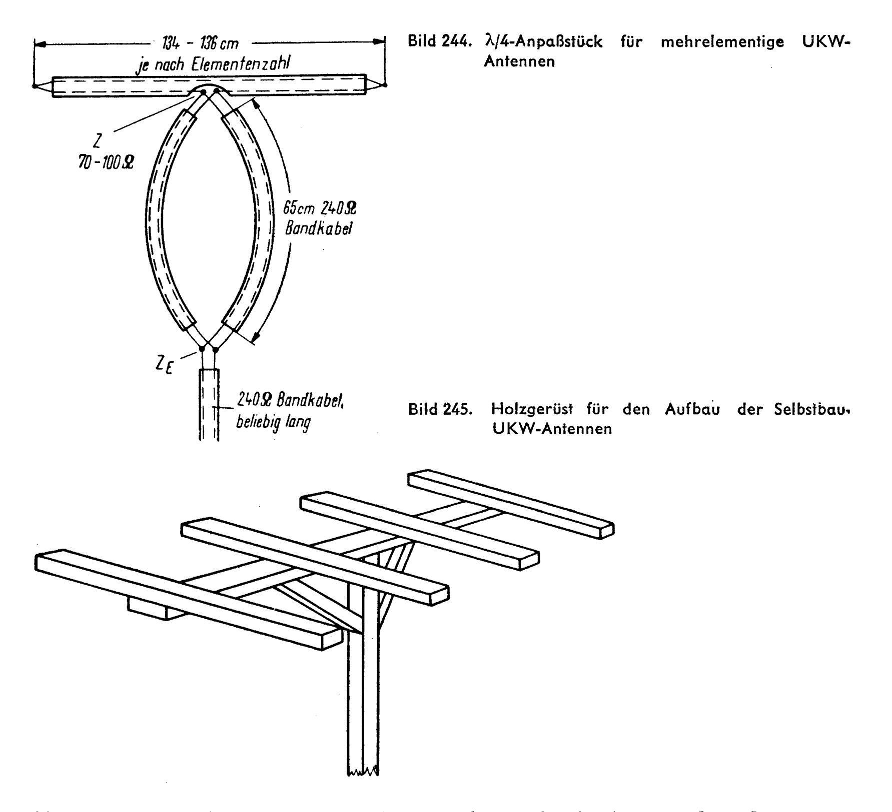


Bild 244. λ/4-Anpaßstück für mehrelementige UKW-Antennen

Bild 245. Holzgerüst für den Aufbau der Selbstbau-UKW-Antennen

Verwendet man 240-Ohm-Bandkabel, so erhält man für die Antennenform 3

$$Z = \sqrt{100 \cdot 240} = 100 \sqrt{2{,}4} = 155 \text{ Ohm}$$

und für die Antennenformen 4 und 5

$$Z = \sqrt{70 \cdot 240} = 100 \sqrt{1{,}68} = 130 \text{ Ohm.}$$

Als Anpaßstück werden zwei 650 mm lange Bandkabelstücken nach Bild 244 parallelgeschaltet. Auseinandergerückt ist ein Widerstand von 120 Ohm, eng zusammengelegt ein Widerstand von etwa 170 Ohm vorhanden. Man kann also mit dem Abstand, den man z. B. durch eine Holzleiste festlegt, eine ungefähre Anpassung vornehmen.

Bild 245 zeigt ein einfaches Antennengerüst, auf dem man die Bandkabelantenne befestigen kann. Die Anzahl der Querträger richtet sich nach der Anzahl der verwendeten Antennenelemente. Dieses Holzgerüst wird aus einfachen Holzleisten hergestellt und nach der Fertigstellung imprägniert. Die Bandkabelstücke werden senkrecht befestigt. Die Länge der Elemente und ihren Abstand entnimmt man der beigefügten Tabelle.

Das Anbringen der Antenne über der Dachhaut ist nicht zu empfehlen, da die Bandkabelstücken sich unter Wettereinfluß verschlechtern. Außerdem muß man dann die einschlägigen Blitzschutz-Bestimmungen beachten. Wertvolle Hinweise über Antennen gibt das im gleichen Verlag herausgegebene „Antennenbuch" von K. Rothammel.

5.5 Einfacher 2-m-Konverter

Für den Empfang des 2-m-Amateurbandes verwendet der Funkamateur meistens einen Konverter (Frequenzumsetzer), den er vor seinen KW-Empfänger schaltet. Die Eingangsfrequenz (144 bis 146 MHz) wird mit einer Oszillatorfrequenz gemischt und die entstehende Zwischenfrequenz dem nachgeschalteten Empfänger zugeführt, der auf diese Zwischenfrequenz abgestimmt wird. Für den Anfänger zeigt Bild 246 eine einfache Konverterschaltung mit einer Doppeltriode ECC 85. Es können auch die Röhren ECC 81 oder ECC 84 in dieser Schaltung verwendet werden. Im Gitterkreis des ersten Triodensystems liegt der Eingangskreis, der fest auf Bandmitte (145 MHz) abgestimmt wird. Wenn man die Antenne über ein Koaxialkabel (70 Ohm) anschließt, so erfolgt eine Anzapfung bei einer Windung vom kalten Ende der Spule L 1. Bei Verwendung von Bandkabel (240 Ohm) benutzt man eine Koppelspule von zwei Windungen aus isoliertem Schaltdraht, die über die Spule L 1 gewickelt wird.

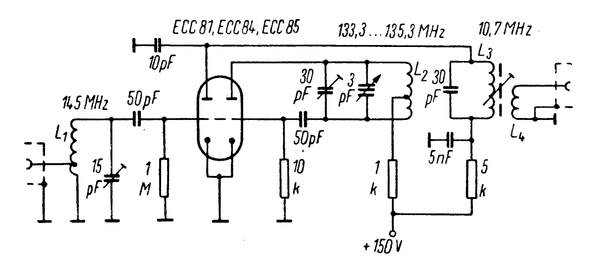


Bild 246. Einfache Konverterschaltung für das 2-m-Band

Das zweite Triodensystem arbeitet als Oszillator im Frequenzbereich von 133,3 bis 135,3 MHz. Damit ergibt sich für den Empfang des 2-m-Amateurbandes eine feste Zwischenfrequenz von 10,7 MHz. Die Mischung erfolgt im ersten Triodensystem über die vorhandenen Röhrenkapazitäten. Sollten diese nicht ausreichen, so kann von der Anode des zweiten Triodensystems zum Gitter des ersten Triodensystems ein kleiner Kondensator von 1 bis 2 pF geschaltet werden. Der ZF-Kreis von 10,7 MHz liegt im Anodenkreis des ersten Triodensystems. Über die Koppelspule L 4 wird mit einem Koaxialkabel der nachfolgende Empfänger angeschlossen. Es empfiehlt sich, die Anodenspannung von 150 V zu stabilisieren. Alle Kreise werden mit Hilfe eines Grid-Dip-Meters eingestellt. Für die einzelnen Spulen gelten folgende Windungsangaben:

L 1 — 3 Wdg., 10 mm ⌀
L 2 — 2 Wdg., 12 mm ⌀, 1 mm Kupferdraht versilbert
L 3 — ZF-Becher 10,7 MHz (Neumann BF 15)
L 4 — 4 bis 6 Wdg. über kaltem Ende des ZF-Kreises, 0,3-CuL

6. EINFACHE MESS- UND PRÜFGERÄTE

6.1 Strom- und Spannungsmessung

Der ernsthafte Bastler wird sich bei seinem fertiggestellten Selbstbaugerät von der Größe der anliegenden Betriebsspannungen bzw. -ströme überzeugen, damit keine Überlastungen irgendwelcher Bauelemente auftreten. Das geeignetste Meßgerät ist ein Vielfachmesser, der verschiedene Meßbereiche für Strom- und Spannungsmessungen bei Gleich- und Wechselstrom hat. Ein solches Meßgerät ist natürlich teuer, es kann aber in den Klubstationen der Funkamateure der GST kostenlos benutzt werden, wie übrigens auch andere Meßgeräte. Der Selbstbau eines Vielfachmessers ist kompliziert, da bei Messungen von Wechselstrom bzw. -spannungen eine Gleichrichtung vorgesehen werden muß, woraus für diese Bereiche ein anderer Skalenverlauf resultiert. Der Amateur kann aber in der Praxis auf diese Meßbereiche verzichten. Es kommt ja höchstens einmal darauf an, die Wechselspannungen an einem Netztransformator zu messen. Bei handelsüblichen Netztransformatoren sind diese Werte meist angegeben, so daß sich Messungen erübrigen. Für die Strom- bzw. Spannungsmessung wird ein Drehspul-Meßwerk benutzt, bei dem sich eine vom Meßstrom durchflossene Spule in dem konstanten Magnetfeld eines Dauermagneten bewegt. Mit der Drehspule ist der Zeiger verbunden, der je nach Ausschlag auf der Meßwerkskala einen bestimmten Wert anzeigt. Für den Zeiger-Endausschlag ergibt sich eine bestimmte Spannungsempfindlichkeit U_m und eine bestimmte Stromempfindlichkeit I_m. U_m und I_m sind also die Spannung bzw. der Strom, mit der der Endausschlag des Zeigers erreicht wird. Für die Meßwerkspule ergibt sich damit ein Widerstand

$$R_i = \frac{U_m}{I_m};$$

U_m in V, I_m in A, R_i in Ω.

Mit $U_m = 0{,}1$ V und $I_m = 1$ mA beträgt z. B. für ein Meßinstrument $R_i = 0{,}1/0{,}001 =$ 100 Ohm. Für die Beurteilung eines Meßinstrumentes wird der Widerstandswert für 1 V Endausschlag in Ohm/V angegeben.

$$R_iV = \frac{1000}{I_m};$$

R_iV in Ohm/V, I_m in mA.

Für das obige Beispiel ergibt das $R_iV = 1000$ Ohm/V.

Bild 247 zeigt das Schaltschema für die Gleichspannungsmessung. Der Spannungsmesser wird stets parallel zu der zu messenden Spannung geschaltet. Einen Vorwiderstand R_V benötigen wir immer dann, wenn die zu messende Spannung größer ist als die Spannung für den Endausschlag des Instrumentes. Für die Meßbereichserweiterung bei Spannungsmessungen macht sich also ein Vorwiderstand erforderlich. An diesem Vorwiderstand muß die Differenz zwischen Meßspannung und Meßwerkspannung abfallen. Soll z. B. der Meßbereich 10 V betragen und ist nach obigem Beispiel die Meßwerkspannung $U_m = 0{,}1$ V, so muß am Vorwiderstand die Spannung $U_V = 10 - 0{,}1 =$

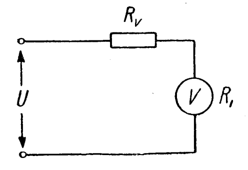


Bild 247. Schaltung eines Spannungsmessers mit Vorwiderstand

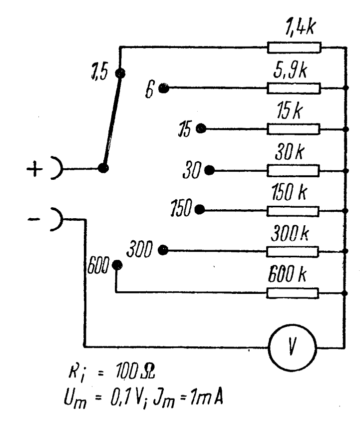


Bild 248. Schaltung für einen Spannungsmesser mit mehreren Gleichspannungs-Meßbereichen

9,9 V abfallen. Zum Errechnen der Vorwiderstände für verschiedene Spannungsmeßbereiche kann folgende Formel verwendet werden:

$$R_V = U \cdot R_iV - R_i;$$

R_V = Vorwiderstand in kΩ, U = Meßbereichsspannung in V, R_iV = Widerstand pro V in kΩ/V, R_i = Meßwerkwiderstand in kΩ.

Beispiel:

Gegeben ist ein Drehspul-Meßwerk mit den Werten $R_i = 100$ Ohm und $R_iV = 1000$ Ohm/V. Berechne die Vorwiderstände für folgende Spannungsmeßbereiche: 1,5 V; 6 V; 15/V; 30 V; 150 V; 300 V und 600 V.

$$
\begin{aligned}
1{,}5\ \text{V}: R_V &= 1{,}5 \cdot 1 - 0{,}1 = 1{,}4\ \text{k}\Omega,\\
6\ \text{V}: R_V &= 6 \cdot 1 - 0{,}1 = 5{,}9\ \text{k}\Omega,\\
15\ \text{V}: R_V &= 15 \cdot 1 - 0{,}1 = 14{,}9\ \text{k}\Omega,\\
30\ \text{V}: R_V &= 30 \cdot 1 - 0{,}1 = 29{,}9\ \text{k}\Omega,\\
150\ \text{V}: R_V &= 150 \cdot 1 - 0{,}1 = 149{,}9\ \text{k}\Omega,\\
300\ \text{V}: R_V &= 300 \cdot 1 - 0{,}1 = 299{,}9\ \text{k}\Omega,\\
600\ \text{V}: R_V &= 600 \cdot 1 - 0{,}1 = 599{,}9\ \text{k}\Omega.
\end{aligned}
$$

Bild 248 zeigt die Schaltung für einen Spannungsmesser mit verschiedenen Meßbereichen. Die Umschaltung erfolgt durch einen Kreisschalter mit sieben Stellungen. Für die letzten fünf Bereiche können die errechneten Vorwiderstandswerte aufgerundet werden.

Bei der Strommessung wird das Meßinstrument stets in den Stromkreis geschaltet, so daß der in diesem fließende Strom die Meßwerkspule durchfließen kann. Ist der zu messende Strom größer als der Meßwerkstrom für den Endausschlag des Meßwerkes, so muß durch einen Nebenwiderstand der Differenzstrom zwischen zu messendem Strom und Meßwerkstrom am Meßwerk vorbeigeleitet werden. Für die Strombereichserweiterung ist also ein Nebenwiderstand parallel zum Meßwerk zu schalten (Bild 249). Für die Berechnung dieses Nebenwiderstandes können wir folgende Formel benutzen:

$$R_n = \frac{R_i \cdot I_m}{I - I_m};$$

R_n = Nebenwiderstand in Ω, R_i = Meßwerkwiderstand in Ω, I_m = Meßwerkstrom in mA, I = Meßbereichsstrom in mA.

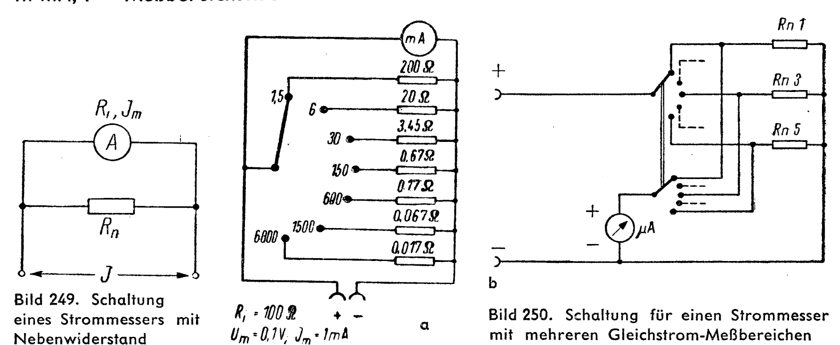


Bild 249. Schaltung eines Strommessers mit Nebenwiderstand

Bild 250. Schaltung für einen Strommesser mit mehreren Gleichstrom-Meßbereichen

Beispiel:

Gegeben ist ein Drehspul-Meßwerk mit den Werten $R_i = 100$ Ohm und $I_m = 1$ mA. Berechne den Nebenwiderstand für folgende Strommeßbereiche: 1,5 mA; 30 mA; 150 mA; 600 mA; 1500 mA und 6000 mA.

$$1{,}5\ \text{mA}: \quad R_n = \frac{100 \cdot 1}{1{,}5 - 1} = \frac{100}{0{,}5} = 200\,\Omega,$$

$$6\ \text{mA}: \quad R_n = \frac{100 \cdot 1}{6 - 1} = \frac{100}{5} = 20\,\Omega,$$

$$30\ \text{mA}: \quad R_n = \frac{100 \cdot 1}{30 - 1} = \frac{100}{29} = 3{,}45\,\Omega,$$

$$600\ \text{mA}: \quad R_n = \frac{100 \cdot 1}{600 - 1} = \frac{100}{599} = 0{,}17\,\Omega,$$

$$1500\ \text{mA}: \quad R_n = \frac{100 \cdot 1}{1500 - 1} = \frac{100}{1499} = 0{,}067\,\Omega,$$

$$6000\ \text{mA}: \quad R_n = \frac{100 \cdot 1}{6000 - 1} = \frac{100}{5999} = 0{,}017\,\Omega.$$

Bild 250a zeigt die Schaltung für einen Strommesser mit verschiedenen Meßbereichen. Bei dieser Schaltungsart ist ein Kreisschalter mit guter Kontaktgabe zu verwenden, da

sonst die Meßbereiche verfälscht werden. Außerdem muß die Kontaktgabe so sein, daß keine Unterbrechung im Nebenschlußkreis auftritt, da sonst das Meßwerk von dem vollen Meßstrom durchflossen wird.
Besser ist es daher, den Nebenwiderstand nach Bild 250b zu schalten, wobei mit einem Kontakt immer das Meßwerk vom Stromkreis getrennt wird.

6.2 Durchgangsprüfung und Widerstandsmessung

Ein universell verwendbares Hilfsmittel ist ein Durchgangs- oder Leitungsprüfer. Solche Prüfungen sind schon oft bei der Verdrahtung eines Gerätes durchzuführen, wenn es etwa darauf ankommt, die zusammengehörenden Wicklungsenden eines Transformators, Leitungsenden in einem Kabelbaum, Kurzschlüsse oder Unterbrechungen zu finden. Industriell gefertigte Leitungsprüfer sind meist als Ohmmeter mit direkter Anzeige des Widerstandswertes ausgeführt. Für den Selbstbau eignen sich zur Anzeige Skalenlampenbirnen, Glimmlampen, Schauzeichen, magnetische Summer oder einfache Meßinstrumente. Je nach verwendeter Anzeige richtet sich die Stromversorgung. Mit diesem Anzeige-Bauelement baut man einen Stromkreis auf, der an einer Stelle unterbrochen wird, die beiden aufgetrennten Enden legt man an zwei Telefonbuchsen. Zwischen diese beiden Telefonbuchsen wird über zwei Prüfschnüre das Meßobjekt gelegt. Je nach der Größe des elektrischen Widerstandes des Meßobjektes erfolgt eine Anzeige.
Bild 251 zeigt die Schaltung für einen einfachen Durchgangsprüfer, der zur Anzeige eine Glimmlampe, eine Skalenlampe und ein Schauzeichen verwendet. Die Stromversorgung erfolgt aus dem Universal-Netzteil (siehe Kapitel 1.5 im Teil II) über ein dreiadriges Kabel. Vor die Glimmlampe und das Schauzeichen werden entsprechende Vorwiderstände geschaltet. Mit der Glimmlampe kann man hochohmige Meßobjekte, mit den beiden anderen Anzeigemöglichkeiten niederohmige Meßobjekte auf Durchgang prüfen. Bild 252 und 253 geben Hinweise für den praktischen Aufbau dieses kleinen Prüfgerätes, während Bild 254 das fertige Gerät zeigt.
Einfache Durchgangsprüfer für niederohmige Messungen stellt Bild 255 dar. Bild 255a gibt die einfachste Schaltung wieder, wobei nur eine Skalenlampenbirne (2,5 V/0,04 A)

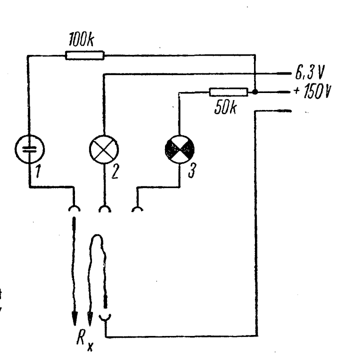


Bild 251. Schaltung für einen Durchgangsprüfer mit mehreren Anzeigemöglichkeiten. Glimmlampe für 220 V (1), Skalenlampe für 6,3 V (2), Schauzeichen (3).

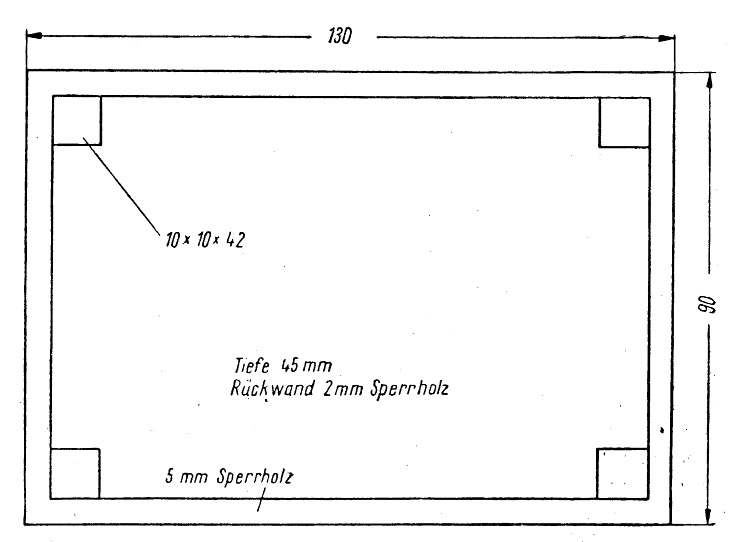


Bild 252. Maßskizze für das Holzgehäuse des Durchgangsprüfers

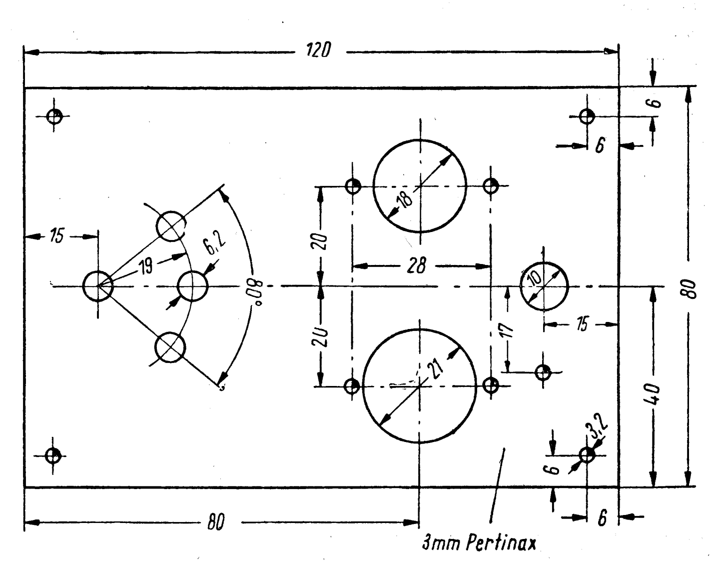
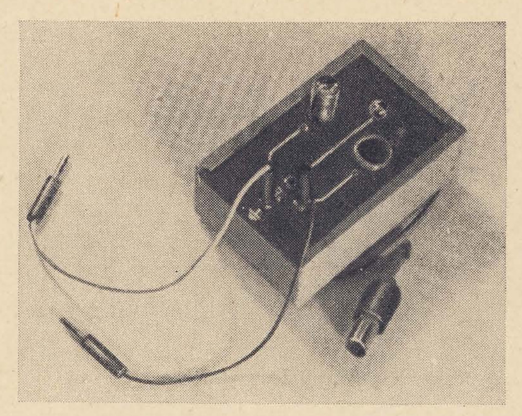


Bild 253. Maßskizze für die Frontplatte des Durchgangsprüfers

Bild 254. Ansicht des beschriebenen Durchgangsprüfers



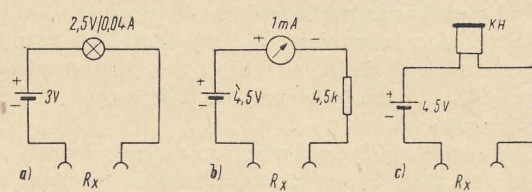


Bild 255. Schaltungen für einfache Durchgangsprüfer, (a) mit Skalenlampe, (b) mit Meßinstrument und (c) mit Kopfhörer; bei Durchgang hört man ein Knackgeräusch im Kopfhörer

mit Stabbatterie und zwei Telefonbuchsen verwendet werden. Wesentlich eleganter ist die Schaltung nach Bild 255 b, wobei Meßinstrument und Vorwiderstand mit der Batterie zusammengeschaltet wird. Der Vorwiderstand ist dabei so ausgelegt, daß man bei der verwendeten Batterie gerade Vollausschlag des Zeigers erreicht. Je größer der zu messende Widerstand R ist, um so weiter geht der Zeigerausschlag zurück. Die Skala kann natürlich auch in Ohmwerten geeicht werden, so daß aus dem einfachen Durchgangsprüfer ein Ohmmeter wird.

Zur Widerstandsmessung benutzt man direkt anzeigende Ohmmeter oder Meßbrücken, die nach dem Prinzip von Wheatstone arbeiten. Direkt anzeigende Ohmmeter benötigen eine Betriebsspannung, die im Prospekt angegeben ist. Die Größe der Spannung richtet sich nach dem zu messenden Widerstandsbereich. Meßbrücken verwenden zur Stromversorgung Stabbatterien von 1,5 V bis 3 V bzw. Flachbatterien.

Die Schaltung eines einfachen Ohmmeters für den Selbstbau zeigt Bild 256. Gearbeitet wird mit einer Gleichspannung von 1 V. Durch die Umschaltung der drei Spannungsteilerwiderstände erhält man die in Bild 256 angegebenen Meßbereiche. Mit entsprechend höheren Gleichspannungen kann man auch noch größere Widerstandswerte messen, so z. B. mit 10 V von 10 kOhm bis 1 MOhm, mit 100 V von 100 kOhm bis 10 MOhm. Das verwendete Meßinstrument besitzt einen Vollausschlag von 0,1 mA. Wird der Anschluß für R_x kurzgeschlossen, so kann mit dem regelbaren Widerstand von 100 Ohm der Vollausschlag des Instrumentes eingestellt werden (ist gleich Null Ohm). Die ganze Schaltung kann man in einem kleinen Holzkasten unterbringen.

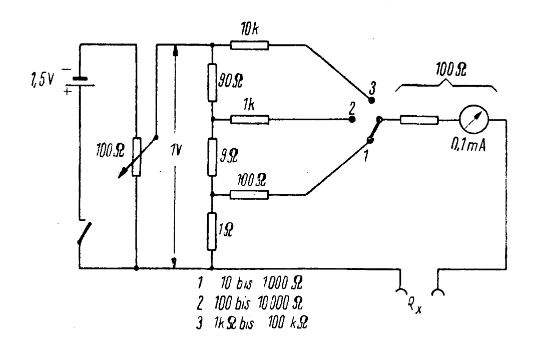


Bild 256. Schaltung eines einfachen Ohmmeters für den Selbstbau

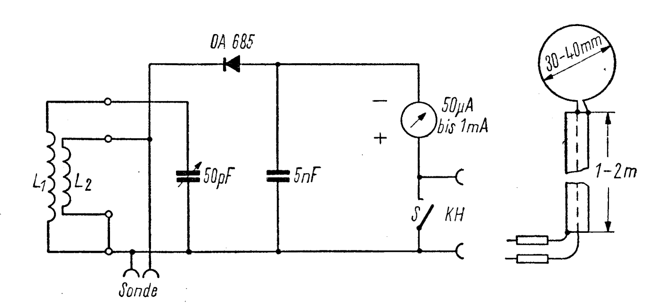
6.3 Absorptionsfrequenzmesser

Will man Frequenzmessungen im Hochfrequenzgebiet durchführen, so wendet man meist die Resonanzmethode an. Für einfache Messungen genügt dabei ein Absorptionsfrequenzmesser, der passiv arbeitet. Das heißt, er braucht keine eigene Stromversorgung. Die zur Anzeige notwendige Energie entnimmt er dem Meßobjekt, mit dem er gekoppelt wird.

Der einfachste Absorptionsfrequenzmesser wäre ein Parallelschwingkreis. Nähert man die Spule dieses Schwingungskreises der Spule eines erregten Schwingungskreises, so würde sie dieser ein Maximum an Energie entziehen, wenn die Resonanzfrequenzen beider Schwingungskreise übereinstimmen. Man macht daher den Schwingungskreis des Absorptionsfrequenzmessers mit einem Drehkondensator abstimmbar. Außerdem wird die Abstimmung des Drehkondensators gleich in Frequenzen geeicht. Liegt der zu messende Schwingungskreis in einer Oszillatorschaltung, so kann man den Resonanzpunkt durch die Änderungen des Gitter- bzw. Anodenstromes feststellen. Bei einem 0-V-1 erkennt man die Resonanzstelle durch das Aussetzen der Rückkopplung.

Wesentlich eleganter ist die Frequenzmessung, wenn man zur Resonanzanzeige ein Meßinstrument benutzt. Bild 257 zeigt die Schaltung eines universell verwendbaren Absorptionsfrequenzmessers mit Anzeigeinstrument. Die bei der Frequenzmessung aufgenommene HF-Energie wird mit der Germaniumdiode OA 685 gleichgerichtet und vom Meßwerk angezeigt. Das Meßwerk soll eine Stromempfindlichkeit von 50 µA bis 1 mA haben. Da der Gleichrichterkreis den Schwingungskreis zu stark bedämpft, wurde für diesen eine besondere Ankoppelspule L 2 vorgesehen. Der Schwingungskreis ist dadurch nur schwach belastet, und man erhält eine eindeutige Resonanzanzeige. Der Stromkreis des Meßinstrumentes kann durch den Schalter S unterbrochen, an den Buchsen KH kann ein Kopfhörerpaar angeschlossen werden. Damit ist es möglich, z. B. bei Amateursendern im A-3-Betrieb die Modulation abzuhören. Wenn an den Buchsen „Sonde" eine Suchspule, bestehend aus einem Stück Koaxialkabel und einer Spulenwindung (30 bis 40 mm Durchmesser) an einem Ende, angeschlossen wird, kommt man auch an Schwingungskreise heran, die schwer zugänglich

Bild 257. Schaltung für einen universell verwendbaren Absorptionsfrequenzmesser



sind. Für einen 25 mm starken Spulenträger gelten etwa folgende Windungszahlen

Frequenzbereich	Windungen L 1	Windungen L 2	Drahtdurchmesser
3 bis 6 MHz	60	5	0,5 mm
6 bis 12 MHz	29	5	0,5 mm
12 bis 25 MHz	13	2	1,0 mm
25 bis 50 MHz	5,5	1	1,0 mm
50 bis 100 MHz	1,5	0,5	1,0 mm
100 bis 200 MHz	Zwei Haarnadelformen aus 2 mm ⌀ nebeneinander, Drahtabstand 10 mm, Länge 40 mm		

Strebt man eine hohe Empfindlichkeit des Absorptionsfrequenzmessers an, so benötigt man Röhrensysteme zur Verstärkung. Dann kann auch ein unempfindlicheres Meßwerk benutzt werden. Eine Miniaturröhre ist immer noch billiger als ein hochempfindliches Meßwerk von z. B. 25 oder 50 μA. Die Stromversorgung kann man durch ein dreiadriges Kabel von einem Universalnetzgerät beziehen. Vorteilhaft verwendet wird eine Doppeltriode (z. B. ECC 81, ECC 82, ECC 83, ECC 85), mit der man eine empfindliche Brückenschaltung aufbauen kann. Das Meßwerk liegt dann im Brückennullzweig und zeigt den Differenzstrom an, wenn das Eingangs-Steuergitter durch eine Gleichspannung die Brücke aus dem Gleichgewicht bringt. Eine solche Gleichspannung wird aus der aufgenommenen HF-Spannung durch Gleichrichtung mit der vor dem Steuergitter liegenden Diode OA 685 gewonnen. Bild 258 zeigt zwei solche Schaltungen für empfindliche Absorptionsfrequenzmesser, wobei das Meßwerk entweder im Anodenkreis (a) oder im Katodenkreis (b) liegen kann. Im KW- oder dem UKW-Bereich verwendet man für den Schwingungskreis einen Abstimmdrehkondensator von etwa 50 pF. Bei LW oder MW wird ein Drehkondensator von etwa 500 pF benutzt. Die Wickeldaten für die Spulen kann man für die gewählten Frequenzbereiche mit Hilfe der in Teil I angegebenen Formeln berechnen. Meist werden Steckspulen für den Absorptionsfrequenzmesser genommen. Es ist natürlich ebenfalls möglich, mit einer Sondenspule zu arbeiten, wenn man für L eine Ankopplungsspule vorsieht. Man kann dann für die Spulen auch HF-Eisenkerne verwenden und die einzelnen Spulen durch einen Schalter für die entsprechenden Frequenzbereiche umschalten.

Für den Aufbau eines Absorptionsfrequenzmessers eignet sich ein kleines Holzgehäuse. Als Frontplatte, auf der man die wenigen Bauteile anordnet, wird Pertinax verwendet.

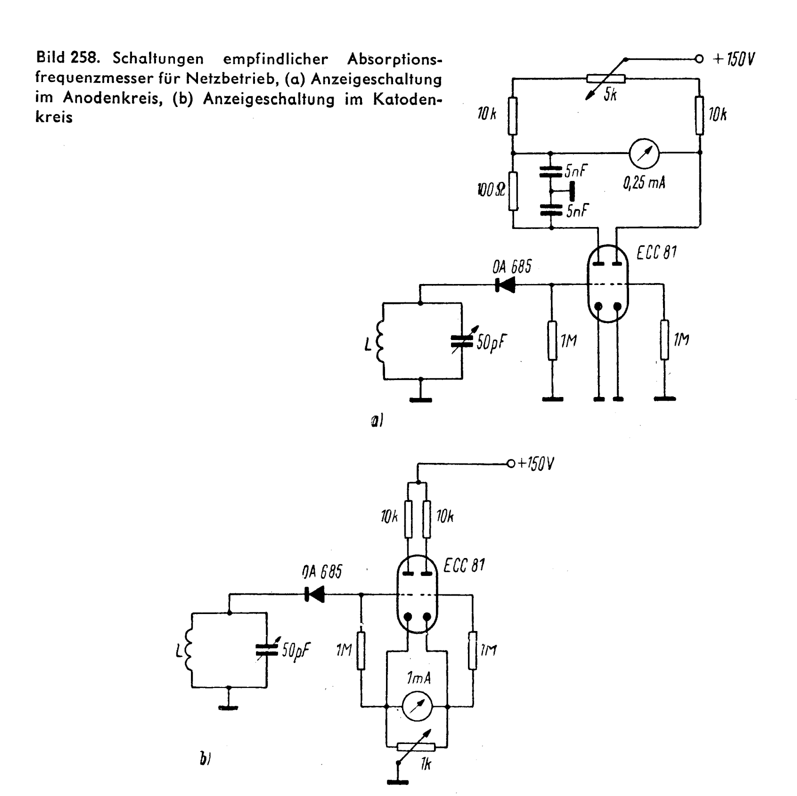
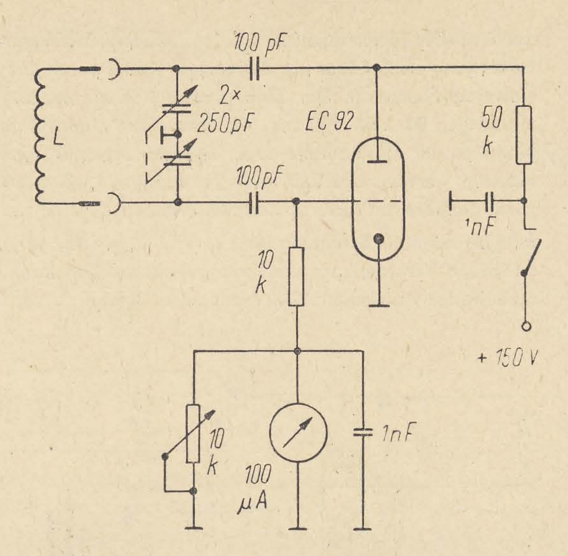


Bild 258. Schaltungen empfindlicher Absorptionsfrequenzmesser für Netzbetrieb, (a) Anzeigeschaltung im Anodenkreis, (b) Anzeigeschaltung im Katodenkreis

6.4 Grid-Dip-Meter

Ein sehr praktisches Meßgerät für den Funkamateur ist das Grid-Dip-Meter. Damit können nicht nur die Resonanzfrequenz von Schwingungskreisen festgestellt, die Werte von Spulen und Kondensatoren bestimmt, sondern auch Resonanzfrequenzen von Antennen gemessen werden. Daneben findet es als Kontrollempfänger, als Feldstärkemesser und mit einer Modulationseinrichtung auch als Prüfsender Verwendung. Für die Anzeige wird der Gitterstrom der Oszillatorröhre ausgenutzt. Zu diesem Zweck liegt am erdseitigen Ende des Gitterableitwiderstandes ein empfindliches Drehspul-Meßwerk (0,1 bis 1 mA). Schwingt der Oszillator, so zeigt das Instrument einen bestimmten Gitterstrom an. Koppelt man die Oszillatorspule lose mit einem Schwingungskreis, so wird bei Resonanz dem Oszillatorkreis Energie entzogen. Der Gitterstrom geht dabei merklich zurück. Da bei guten Resonanzkreisen die Resonanzkurve sehr schmal ist, tritt nur ein sogenannter „Dip" auf. Der Zeiger des Anzeigeinstrumentes schlägt dabei plötzlich nach tieferen Skalenwerten aus.
Im Prinzip ist es gleichgültig, welche Oszillatorschaltung angewendet wird. Vorteilhaft sind natürlich solche Schaltungen, die leicht zum Schwingen zu bringen sind und

Bild 259. Schaltung für ein einfaches Grid-Dip-Meter



Spulen ohne Anzapfungen benötigen, z. B. die Colpitts-Schaltung. Die Dimensionierung des Oszillator-Schwingkreises richtet sich nach den zu erfassenden Frequenzbereichen. Ausführliches über die Anwendung des Grid-Dip-Meters enthält der in der Reihe „Der praktische Funkamateur" erschienene Band 12 „Meßtechnik für den KW-Amateur" und das Handbuch für Amateurfunk.

Bild 259 zeigt die Schaltung für ein einfaches Grid-Dip-Meter mit der Röhre EC 92. Als Oszillatorschaltung wird die Colpitts-Schaltung, zur Abstimmung dieses Kreises ein Zweifachdrehkondensator verwendet. Die einzelnen Spulen sind als Steckspulen ausgeführt. Parallel zum Gitterstrom-Instrument liegt zur Empfindlichkeitsregelung ein Potentiometer von 10 kOhm. Die Anodenspannung kann abgeschaltet werden, so daß

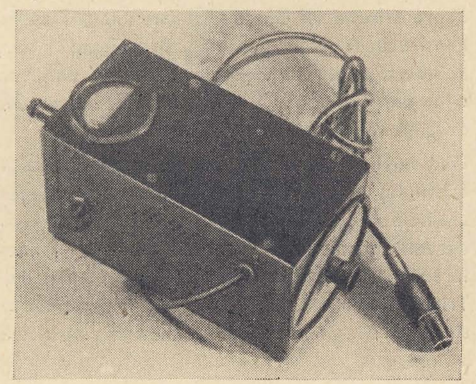


Bild 260. Ansicht des beschriebenen Grid-Dip-Meters

das Grid-Dip-Meter auch als Absorptionsfrequenzmesser verwendbar ist. Die Stromversorgung erfolgt über ein dreiadriges Kabel durch das in Abschnitt 1.5 beschriebene Universal-Netzgerät. Der Einbau erfolgt in ein kleines Metallgehäuse mit den Abmessungen 80 · 180 · 100 mm. Als Frontplatte nimmt man eine 3 mm starke Pertinaxplatte, an der alle Bauteile außer Drehkondensator, Spulenfassung und Potentiometer befestigt werden. Bild 260 zeigt das fertig ausgeführte Grid-Dip-Meter. Das Mustergerät umfaßte mit sechs Spulen den Frequenzbereich von 0,6 bis 80 MHz.

Bild 261 zeigt die Schaltung für ein Grid-Dip-Meter, das durch einen Schalter für verschiedene Verwendungszwecke angepaßt werden kann. In Stellung I arbeitet es als modulierter Prüfsender. Die Modulation erfolgt durch die Heizspannung am Steuer-

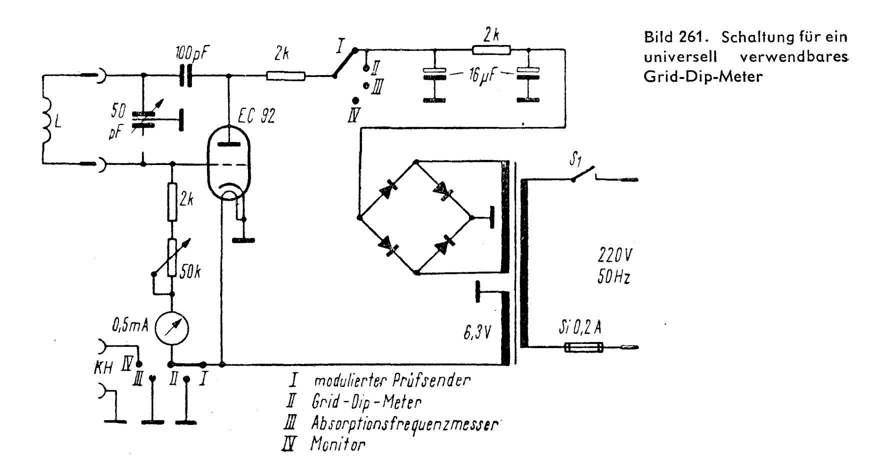


Bild 261. Schaltung für ein universell verwendbares Grid-Dip-Meter

gitter der Röhre mit einer Wechselspannung von 50 Hz. In Stellung II arbeitet das Gerät als Grid-Dip-Meter. In Stellung III wird die Anodenspannung abgeschaltet, und die Röhre arbeitet als Diode (Katode-Gitter). Dadurch kann man das Gerät als Absorptionsfrequenzmesser benutzen. In Stellung IV wird an das erdseitige Ende der Gitterkombination ein Buchsenpaar geschaltet, daran schließt man den Kopfhörer. Dadurch kann die Modulation z. B. des eigenen Amateursenders abgehört werden. Das Gerät arbeitet also als Monitor.

Eine empfindliche Grid-Dip-Meter-Schaltung zeigt Bild 262. Verwendet wird in dieser Schaltung eine Doppeltriode. Das erste Triodensystem arbeitet als Oszillator, das zweite als Gleichspannungsverstärker in Brückenschaltung. Im Brückennullzweig liegt das Anzeigemeßwerk. Tritt bei Entzug von HF-Energie am Gitterwiderstand des Oszillators eine Gleichspannungsänderung auf, so wird die Brückenschaltung mit dem zweiten Triodensystem aus dem Gleichgewicht gebracht, und das Instrument zeigt den Differenzstrom an. Die Gleichspannungsänderung wirkt sich am Steuergitter des zweiten Triodensystems aus.

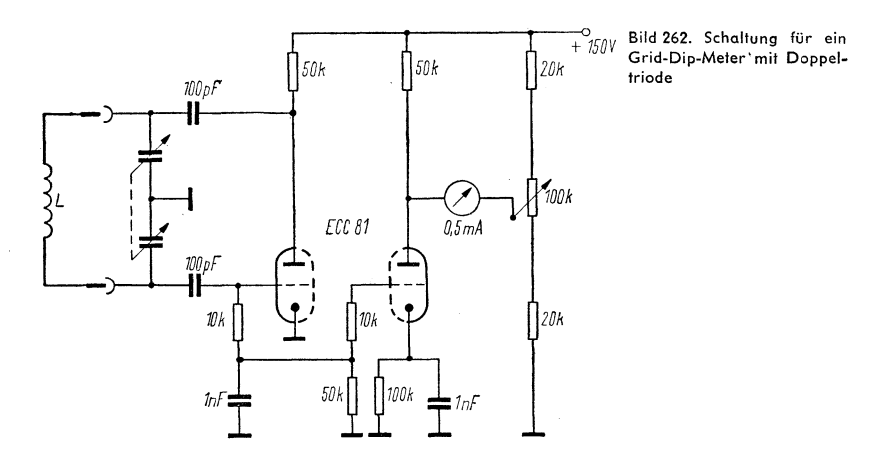


Bild 262. Schaltung für ein Grid-Dip-Meter mit Doppeltriode

Mit dem Grid-Dip-Meter mißt man nicht nur die Resonanzfrequenzen von Schwingungskreisen, Antennen, Bandkabel- oder Koaxkabelstücken. Auch die Werte von Spulen und Kondensatoren können mit Hilfe einer einfachen Formel berechnet werden. Will man die Induktivität einer unbekannten Spule bestimmen, so schaltet man sie mit einem Kondensator, dessen Kapazitätswert bekannt ist, zu einem Parallelschwingkreis zusammen und mißt mit dem Grid-Dip-Meter die Resonanzfrequenz dieses Schwingungskreises. Den Induktivitätswert erhält man in μH, wenn in folgende Formel die gefundene Resonanzfrequenz in MHz und der Kapazitätswert des parallelgeschalteten Kondensators in pF eingesetzt wird:

$$L_x = \frac{25\,300}{f^2 \cdot C}.$$

Bei der Bestimmung des Kapazitätswertes eines unbekannten Kondensators geht man umgekehrt vor und verwendet folgende Formel:

$$C_x = \frac{25\,300}{f^2 \cdot L}.$$

Dabei erhält man C_x in pF, wenn man f in MHz und L in μH einsetzt.

Kennt man bei der Kapazitätsmessung auch den Induktivitätswert der Spule nicht, hat aber einen Kondensator mit bekannter Kapazität zur Verfügung, ist folgendes möglich: Man schaltet zuerst der Spule den unbekannten Kondensator C_x parallel und mißt mit dem Grid-Dip-Meter die Resonanzfrequenz f_1. Dann schaltet man zusätzlich den bekannten Kondensator C parallel und erhält eine niedrigere Resonanzfrequenz f_2. Mit Hilfe folgender Formel ist dann der Kapazitätswert des unbekannten Kondensators zu errechnen:

$$C_x = \frac{C}{\frac{f_1^2}{f_2^2} - 1}.$$

Dabei wird C in pF, f_1 und f_2 in MHz eingesetzt. C_x erhält man ebenfalls in pF.

6.5 Einfacher Prüfsender

Ein Prüfsender wird zum Abgleichen der ZF-Kreise, der Eingangskreise und des Oszillatorkreises bei Superhet-Empfängern verwendet. Er besteht aus einem abstimmbaren HF-Oszillator und einem NF-Oszillator für 800 oder 1000 Hz. Mit der erzeugten NF-Spannung wird die erzeugte HF-Schwingung moduliert, so daß man nach der Demodulation im Empfänger über den Lautsprecher den NF-Ton hören kann. Es wird entweder nach Gehör abgestimmt (sehr ungenau), oder man schaltet parallel zur Schwingspule des Lautsprechers einen Wechselspannungsmesser. Legt man das Vielfachinstrument an die Buchsen für den zweiten Lautsprecher, so muß man einen Kondensator von 1 μF dazwischenschalten, damit man die Gleichspannung vom Meßinstrument fernhält. Bei neueren Empfängern ist der Ausgang für den zweiten Lautsprecher niederohmig und gleichspannungsfrei. Der beschriebene Prüfsender arbeitet mit Amplitudenmodulation und umfaßt die Frequenzbereiche von der Langwelle bis zur Kurzwelle. Für den Abgleich von UKW-Empfängern ist ein anderer Prüfsender erforderlich, da die Sender auf diesem Wellenbereich mit Frequenzmodulation arbeiten.

Bild 263 zeigt die Schaltung für einen einfachen Prüfsender mit der Doppeltriode ECC 81.

Das linke Triodensystem arbeitet als HF-Oszillator. Mit dem Umschalter S 1 können die einzelnen Frequenzbereiche eingeschaltet werden. Die Oszillatorabstimmung erfolgt mit dem Doppel-Drehkondensator C 1. In dieser Schaltungsart wird eine einfache HF-Spule ohne Anzapfung verwendet, was für die Herstellung der Spulen sehr vorteilhaft ist. Kennt man den Kernfaktor der verwendeten HF-Eisenkernspule nicht, so kann man durch Zu- oder Abwickeln der Windungen auf einfache Weise den interessierenden Frequenzbereich einstellen. Der Feinabgleich des fertiggestellten Prüfsenders erfolgt dann mit dem der Spule parallelliegenden Trimmer (bei herausgedrehtem Drehkondensator) und dem HF-Abgleichkern der Spule (bei hereingedrehtem Drehkondensator). Für einfache Kammerspulenkörper mit HF-Abgleichkern ergeben sich ungefähr folgende Windungszahlen:

Bereich	Frequenz	Windungen	Drahtstärke
1	150 bis 450 kHz	600	0,10-mm-CuL
2	440 bis 1300 kHz	320	0,15-mm-CuL
3	1,2 bis 3,6 MHz	120	0,25-mm-CuL
4	3,5 bis 10,1 MHz	15	0,60-mm-CuL
5	10 bis 30 MHz	10	0,60-mm-CuL

Das rechte Triodensystem der Röhre ECC 81 arbeitet als NF-Oszillator. Dabei kann für die Schwingkreisspule Tr 1 ein NF-Übertrager 1:2 bis 1:4 verwendet werden. Steht ein solcher nicht zur Verfügung, dann ist er leicht herzustellen, wenn man einen Transformatorkern M 42 zur Verfügung hat. Die Wicklung I besteht aus 1000 Windungen CuL-Draht von 0,1 bis 0,15 mm Durchmesser, die Wicklung II aus 2000 bis 4000 Windungen CuL-Draht 0,1 bis 0,15 mm Durchmesser. Schwingt der NF-Oszillator nicht an, so muß die Wicklung I umgepolt werden. Im Schaltbild wurde für eine Tonfrequenz

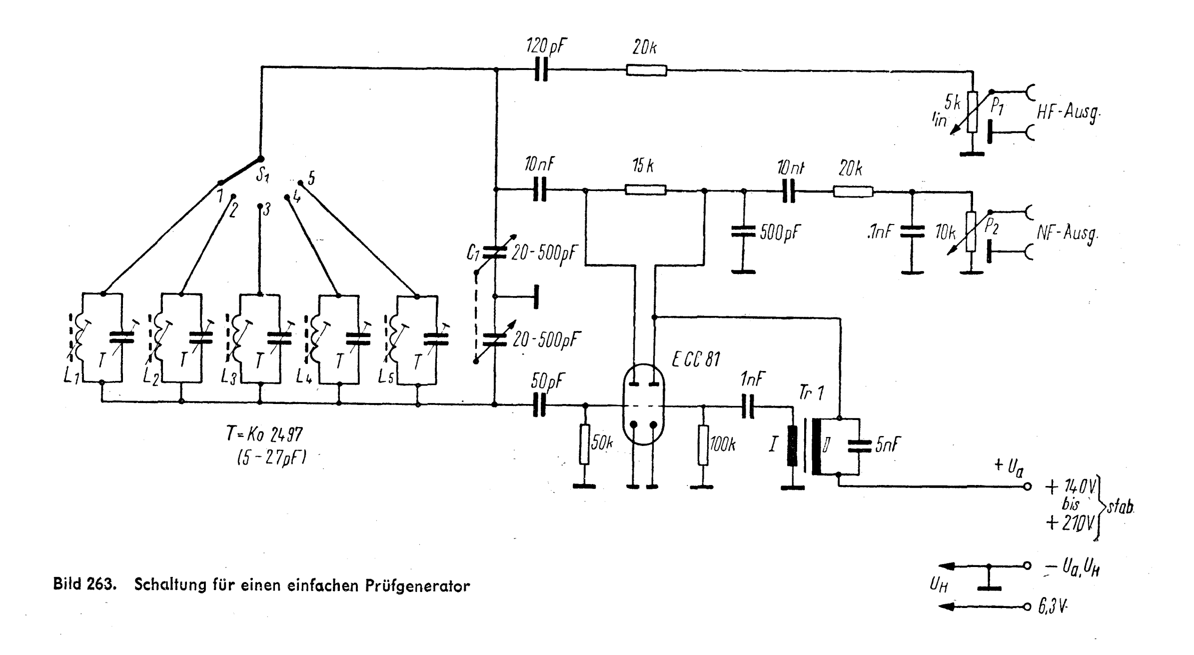


Bild 263. Schaltung für einen einfachen Prüfgenerator

von etwa 800 Hz eine Schwingkreiskapazität von 5 nF angegeben. Der endgültige Kapazitätswert ist abhängig von der Windungszahl, dem verwendeten Blech und der Wicklungskapazität. Deshalb wird man durch Probieren die Tonhöhe von etwa 800 Hz einstellen. Der Kapazitätswert kann dabei zwischen 1 nF und 10 nF liegen.
Die Modulation des HF-Oszillators erfolgt durch die Zuführung der Anodenspannung von der Anode des NF-Oszillators aus. Dabei ist die Gleichspannung mit der NF-Spannung überlagert, es erfolgt eine Anodenmodulation der HF-Spannung. Über die Potentiometer P 1 und P 2 kann sowohl die HF-Spannung als auch die NF-Spannung dem Prüfsender entnommen werden.
Die Stromversorgung wird einem stabilisierten Universalnetzteil entnommen. Wenn man für den Prüfsender einen eigenen Netzteil vorsehen will, muß man eine Heizspannung von 6,3 V/0,3 A und eine Anodenspannung von 150 V/20 mA festlegen. Dabei sollte die Anodenspannung auf jeden Fall stabilisiert sein. Hinweise dafür findet man in Kapitel 1 dieses Teiles.

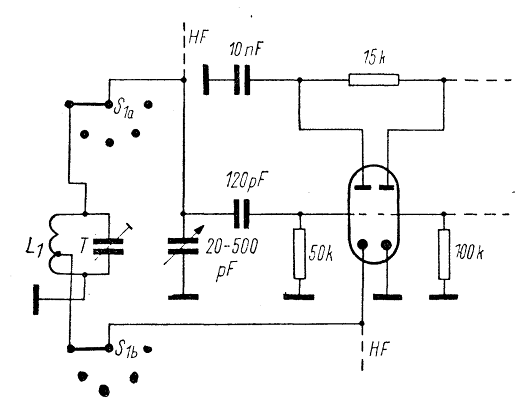
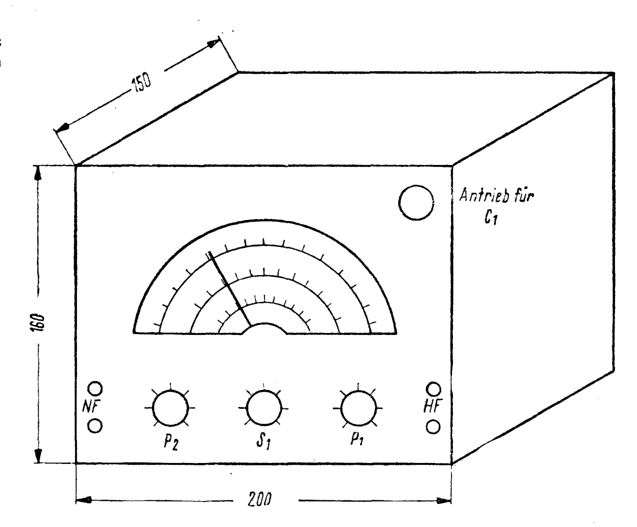


Bild 264. Veränderte Schaltung des einfachen Prüfgenerators, wenn ein Einfach-Drehkondensator zur Abstimmung benutzt wird

Will man für den HF-Schwingkreis einen einfachen Drehkondensator verwenden, dann muß die Oszillatorschaltung anders aufgebaut werden. Bild 264 zeigt dafür einen Vorschlag, wobei die Spule eine Anzapfung für die Katode der Oszillatorröhre besitzen muß. Die HF-Spannung kann von dem Steuergitter oder von der Katode abgenommen werden. Da sich bei dieser Schaltung auch durch den veränderten Kapazitätswert des Abstimmdrehkondensators die Spulendaten ändern, seien hier ungefähre Werte angegeben:

Bereich	Frequenz	Windungen	Anzapfung	Drahtstärke
1	150 bis 450 kHz	350	80	0,10-mm-CuL
2	440 bis 1300 kHz	240	25	0,15-mm-CuL
3	1,2 bis 3,6 MHz	100	12	0,25-mm-CuL
4	3,5 bis 10,1 MHz	12	5	0,60-mm-CuL
5	10 bis 30 MHz	8	3	0,60-mm-CuL

Bild 265. Skizze für das Gehäuse des einfachen Prüfgenerators nach Bild 263



Der Einbau des Prüfsenders sollte auf jeden Fall in ein Metallgehäuse erfolgen, da sonst unerwünschte HF-Strahlungen auftreten, die den Abgleich sehr erschweren. Bei geschickter Anordnung kann der Prüfsender in eine große rechteckige Brotbüchse eingebaut werden, womit die Gehäusefrage schnell geklärt ist. Einen weiteren Aufbauvorschlag zeigt Bild 265, wobei die Einteilung der Frontplatte Hinweise für die Gestaltung gibt.

Natürlich ist ein so einfacher Prüfsender nicht allen Aufgaben gewachsen. Er genügt aber den Ansprüchen des Radiobastlers vollauf. Wenn man genaue Empfindlichkeitsmessungen vornehmen will, muß ein Meßsender zur Verfügung stehen, dem man definierte Ausgangsspannungen entnehmen kann. Der beschriebene Prüfsender ließe sich zwar durch eine weitere Regelröhre und einen HF-Spannungsteiler im Ausgang erweitern. Aber das Gerät würde dadurch kompliziert und der Nachbau nicht einfach.

6.6 Einfache Röhrenvoltmeter

Wenn man bei einer Röhrenschaltung die Schirmgitterspannung mit verschiedenartigen Meßinstrumenten zwischen Schirmgitter und Masse mißt, erhält man verschiedene Werte für die Größe der Spannung. Mancher Radiobastler wird sich gefragt haben, wie kommt das eigentlich? Die Antwort ist ganz einfach. Jedes Meßinstrument hat einen bestimmten Eigenverbrauch, und je größer dieser Eigenverbrauch ist, um so mehr geht die gemessene Schirmgitterspannung „in die Knie". Vor dem Schirmgitter liegt meist ein hochohmiger Widerstand, der die Betriebsgleichspannung auf die Größe der erforderlichen Schirmgitterspannung reduziert. Wird nun zwischen dem hochohmigen Schirmgitter und Masse ein Meßinstrument mit höherem Eigenverbrauch geschaltet, so fließt durch den Schirmgitterwiderstand ein größerer Strom, woraus ein stärkerer

Spannungsabfall an diesem Widerstand resultiert. Die Schirmgitterspannung wird also während des Meßvorganges kleiner.
Wenn man eine Spannung fast belastungslos messen will, muß man ein Röhrenvoltmeter zur Messung benutzen. Röhrenvoltmeter weisen einen so hohen Eingangswiderstand auf, daß der Eigenverbrauch vernachlässigbar klein wird. Schaltungen für Röhrenvoltmeter gibt es sehr viele. Einfache Röhrenvoltmeter besitzen einen Eingangsspannungsteiler und eine Röhren-Brückenschaltung zur Anzeige. Das Meßwerk liegt im Nullzweig der Brücke. Das kann im Anodenkreis oder im Katodenkreis der Röhrenschaltung sein. Wird keine Spannung an den Eingangsspannungsteiler gelegt, dann befindet sich die Brücke im Gleichgewicht, und das Meßwerk zeigt den Ausschlag Null. Mit einem Potentiometer kann in dieser Stellung der Zeiger des Meßwerkes auf den Wert Null, mit einem zweiten Potentiometer noch einmalig der Maximalausschlag eingeregelt werden. Damit in allen anderen Meßbereichen der gleiche Endausschlag erreicht wird, muß man den Eingangsspannungsteiler sehr sorgfältig dimensionieren. Die angegebenen Widerstandswerte dürfen nicht mehr als um 0,5 bis 1 Prozent vom angegebenen Wert abweichen. Wird eine Gleichspannung gemessen, so verschiebt sich das Potential am Steuergitter der Eingangsröhre, und die Brücke kommt aus dem Gleichgewicht. Das Meßwerk zeigt einen Strom an, der der Eingangsspannung entspricht.
Da keine Verstärkung erfolgt, lassen sich mit solchen Röhrenvoltmetern Gleichspannungen erst ab etwa 2 V messen. Für Wechselspannungsmessungen muß vor dem Eingangsspannungsteiler eine Gleichrichtung erfolgen, die man mit einer Röhrendiode vornimmt. Bei Wechselspannungsmessungen muß auf der Skala des Meßwerkes eine andere Teilung geeicht werden, da infolge der Diodenkennlinie ein anderer Verlauf auftritt. Bei Gleichspannungsmessung hat man meist eine gleichmäßig geteilte Skala. Da keine Verstärkung erfolgt, ist bei Wechselspannungsmessungen der Frequenzbereich sehr groß (bis etwa 150 MHz). Sehr umfangreich wird ein Röhrenvoltmeter, wenn sehr kleine Wechselspannungen gemessen werden sollen, also im Bereich von mV und µV. Hier arbeitet man mit Röhrenvoltmetern, die entweder Breitband- oder Resonanzverstärker enthalten. Solche Probleme sind nur schwer zu lösen und gehen über den Rahmen dieses Buches hinaus.
Einen Röhrenvoltmeter-Zusatz zum leistungslosen Messen von Gleichspannungen zeigt Bild 266. Als Meßwerk zur Anzeige wird ein Vielfachmeßinstrument verwendet. Das Vielfachmeßinstrument ist im Katodenkreis angeschlossen. Im Eingang liegt der Eingangsspannungsteiler, der einen Eingangswiderstand von größer als 10 MOhm garantiert. Er läßt sich umschalten auf die Bereiche 3 V — 12 V — 60 V und 300 V. Für die Röhrenbrücke wird eine Doppeltriode ECC 82 benutzt. Da sich Änderungen der Betriebsspannung auf beide Röhrensysteme in gleicher Weise auswirken und sich dadurch kompensieren, kann der Netzteil für das Röhrenvoltmeter sehr einfach aufgebaut werden. Es ist natürlich auch eine Stromversorgung aus einem Universal-Netzteil möglich. Mit dem Schalter S 1 kann die Polarität der gemessenen Spannung umgepolt werden. Dadurch erspart man sich das Umstecken an den Eingangsbuchsen. In jeder Stellung des Schalters S 1 ist ein Potentiometer P 2 oder P 3 vorgesehen, mit

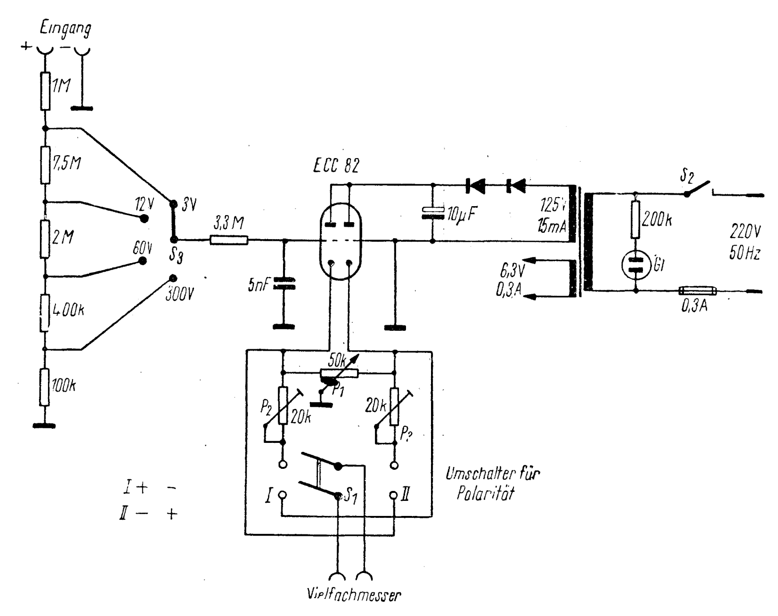


Bild 266. Gleichspannungs-Röhrenvoltmeter-Vorsatz für einen Vielfachmesser

denen einmalig der Endausschlag eingeregelt wird. Die Zeigerstellung Null kann man mit dem Potentiometer P 1 einstellen.
Die Schaltung nach Bild 266 wird in ein kleines Gehäuse eingebaut. Auf der Frontplatte angeordnet werden die Schalter S 1 bis S 3, das Potentiometer P 1, die Eingangsbuchsen, die Anschlußbuchsen für das Vielfachmeßinstrument, die Schraubsicherung sowie die Glimmlampe, die die Betriebsbereitschaft des Gerätes anzeigt. Für die Potentiometer P 2 und P 3 können kleine Einstellregler verwendet werden.
Ein universelles Röhrenvoltmeter, mit dem sich Gleichspannungen von 2 bis 2000 V, Wechselspannungen von 2 bis 500 V und Widerstände von 10 Ohm bis 100 MOhm messen lassen, zeigt Bild 267. Die Schaltung arbeitet in gleicher Weise wie die vorher beschriebene, nur das Meßwerk liegt jetzt im Anodenkreis. Der Wechselspannungseingang mit der Diode EAA 91 ist als Tastkopf ausgebildet. Die Heizspannung wird einpolig zugeführt, da sie einseitig an Masse liegt. Für den Anschluß des Tastkopfes genügt daher ein zweiadriges, abgeschirmtes Kabel.
Die Widerstandsmessung erfolgt durch die Messung des Spannungsabfalles am unbekannten Widerstand. Zu diesem Zweck wird dem Netzteil eine Meßspannung von 2 V entnommen, die über dem Widerstand von 400 Ohm als Spannungsabfall zur Verfügung steht. Mit dem Potentiometer P 2 kann bei der Widerstandsmessung die Nullstellung eingestellt werden. Bei den Spannungsmeßbereichen wird mit dem Potentiometer P 1 die Nullstellung eingeregelt. Den Endausschlag sowohl bei Gleich- als auch

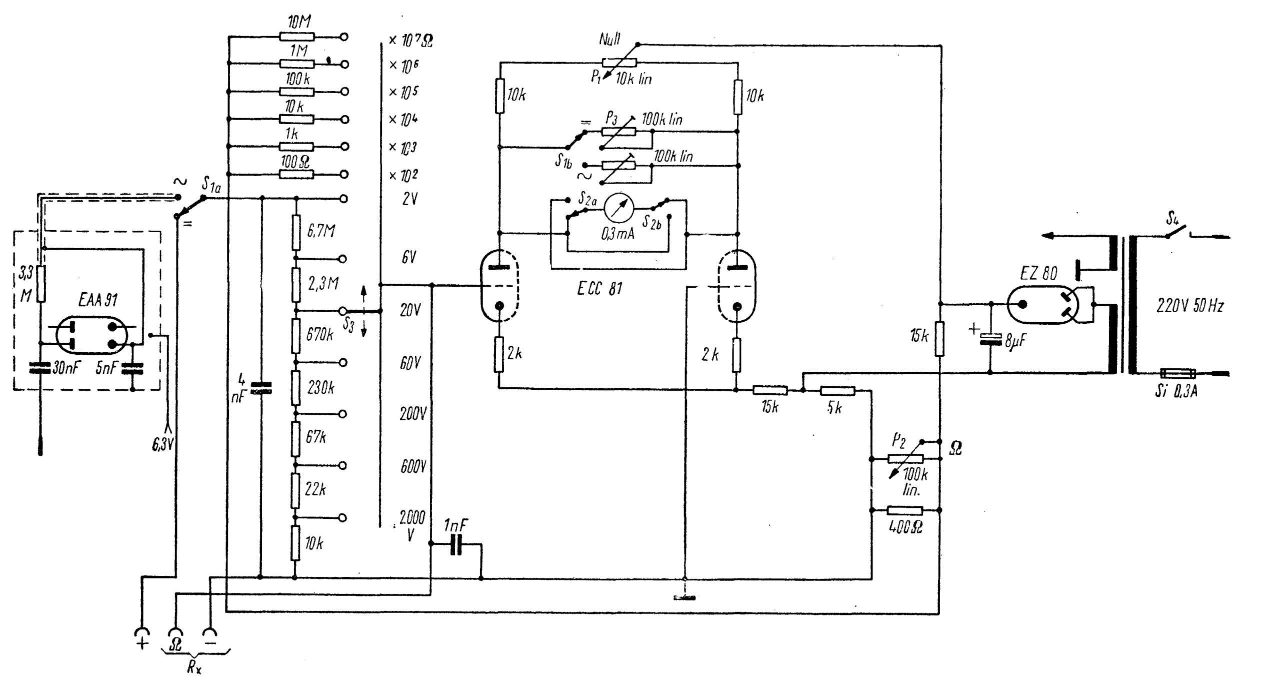


Bild 267. Schaltung für ein Universal-Röhrenvoltmeter

Wechselspannungsmessungen stellt man mit den Potentiometern P 3 und P 4 ein. Mit dem Umschalter S 2 kann wieder die Polarität umgeschaltet werden.
Für das Meßwerk sollte man möglichst eine Ausführung mit großer Skala verwenden, damit sich die Werte mühelos ablesen lassen. Die Schaltung des Röhrenvoltmeters wird in ein entsprechendes Metallgehäuse eingebaut.

6.7 Der Multivibrator

Eine wesentliche Arbeitserleichterung bei der Erprobung und Reparatur von Empfängern, Verstärkern und anderen funktechnischen Geräten läßt sich durch moderne Methoden wie die Signalzuführung und die Signalverfolgung erreichen. Bei der Signalzuführung speist man in das zu untersuchende Gerät ein Signal ein. Wird z. B. ein Rundfunksuperhetempfänger untersucht, so besitzt dieser Verstärkerstufen im Niederfrequenzbereich (etwa 30 bis 20000 Hz), im Zwischenfrequenzbereich (um 468 kHz und 10,7 MHz) und im Hochfrequenzbereich (100 kHz bis 100 MHz). Nun könnte man das erforderliche Signal jeweils in dem entsprechenden Frequenzbereich einem Prüfgenerator oder einem Meßsender entnehmen. Aber diese Arbeit würde durch das Umschalten der Frequenzbereiche und die Abstimmung auf die jeweilige Frequenz des Prüfgenerators viel Zeit erfordern. Wesentlich einfacher gestaltete sich der Prüfvorgang, hätte man ein Signal zur Verfügung, in dem alle interessierenden Frequenzen vorhanden wären.
Ein solches Signal gibt es. Dabei muß die Schwingung einen rechteckförmigen Verlauf haben. Bei einer Rechteckschwingung sind sehr viele Oberwellen vorhanden. Liegt bei einer Rechteckschwingung die Grundfrequenz im NF-Bereich (z. B. 1 kHz), so reichen die Oberwellen bis weit in den KW-Bereich hinein. Alle Verstärkerstufen in diesem Frequenzbereich von etwa 1 kHz bis etwa 20 MHz werden also auf dieses Rechtecksignal ansprechen und können demnach seiner Hilfe auf richtige Arbeitsweise hin überprüft werden.
Eine Rechteckschwingung erzeugt man in einer Multivibratorschaltung auf ziemlich einfache Weise. Bild 268 zeigt die Schaltung für einen solchen Multivibrator, dessen Grundfrequenz etwa 1 kHz beträgt und dessen Oberwellen bis etwa 20 MHz verfolgt

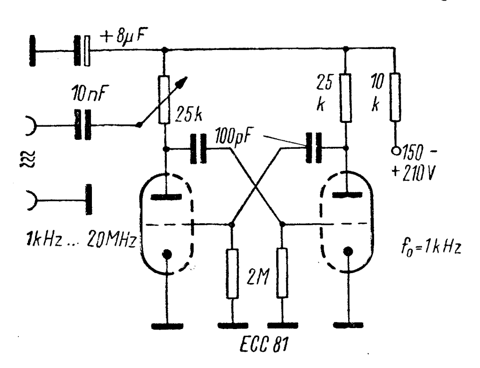


Bild 268. Schaltung eines Multivibrators mit Doppeltriode

werden können. Die Schaltung des Multivibrators stellt nichts weiter dar als einen rückgekoppelten Verstärker. Davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man erkennt, daß an die Anode der ersten Triodenstufe über einen Kopplungskondensator von 100 pF das Steuergitter der zweiten Triodenstufe angeschlossen ist. Von der Anode der zweiten Triodenstufe geht es dann über einen Kopplungskondensator von 100 pF wieder zurück zum Steuergitter der ersten Triodenstufe. Am regelbaren Anodenwiderstand der ersten Triodenstufe entnimmt man dann das Rechtecksignal. Da das kalte Ende des regelbaren Anodenwiderstandes (Potentiometers) über den Elektrolytkondensator an Masse gelegt ist, kann man die Ausgangsspannung zwischen Null und ihrer vollen Größe regeln.
Frequenzbestimmend für die Grundwelle der Rechteckschwingung sind die Werte der Kopplungskondensatoren und der Gitterableitwiderstände (2 MOhm). Durch eine Änderung dieser Werte kann man die Grundfrequenz des Multivibrators ändern. Der Einfachheit wegen wählt man für beide Röhrenstufen gleiche Werte. Die Stromversorgung, also Heizspannung und Anodenspannung, entnimmt man einem Universal-Netzgerät. Der Aufbau dieses einfachen, aber sehr nützlichen Gerätes kann in einem kleinen Kästchen erfolgen oder besser in Form eines Tastkopfes. Dazu wird die Röhre mit ihren wenigen Bauelementen in ein Kunststoffrohr oder ein innen isoliertes Stück Metallrohr eingebaut. Vorn bringt man eine Metall-Tastspitze an, über die das Rechtecksignal den einzelnen Stufen des zu untersuchenden Gerätes zugeführt wird.
Untersucht man z. B. einen defekten Rundfunkempfänger mit Hilfe der Signalzuführungsmethode, so beginnt die Prüfung an der Sekundärwicklung des Ausgangsübertragers. Hört man dabei das Signal über den Lautsprecher, dann ist die Schwingspule des Lautsprechers in Ordnung. Nun führt man das Signal der Anode der Lautsprecherröhre zu. Bei hörbarem Signal ist auch der Ausgangstransformator in Ordnung. Nun wird das Signal dem Steuergitter der Lautsprecherröhre zugeführt. Ist jetzt das Signal wesentlich lauter zu hören, dann arbeitet auch die Lautsprecherröhre richtig. So verfolgt man den Weg des Empfangssignals bis zur Antennenbuchse. Arbeitet eine Stufe nicht mehr, so wird das Signal nicht lauter, sondern leiser oder gar nicht mehr zu hören sein. Eine defekte Stufe kann also verhältnismäßig leicht gefunden werden. Allerdings lassen sich nicht alle Fehler mit Hilfe dieser Methode ermitteln. So ist es leicht einzusehen, daß sich z. B. Verzerrungen, die vielleicht von einem falschen Arbeitspunkt einer Röhre herrühren, nicht mit der Signalzuführung feststellen lassen. Solche Fehler verlangen eine andere Methode der modernen Fehlersuche, und zwar die Signalverfolgung.

6.8 Signalverfolger

Bei der Signalverfolgung beschreitet man den umgekehrten Weg wie bei der Signalzuführung. Man entnimmt dem zu untersuchenden Gerät ein Signal, führt es dem Signalverfolger zu und hört es mit diesem ab. Ein Signalverfolger ist demnach nichts anderes als ein empfindlicher Verstärker. Da es schwierig sein würde, den Verstärker so auszulegen, daß er sowohl NF- als auch HF-Signale in gleicher Weise ver-

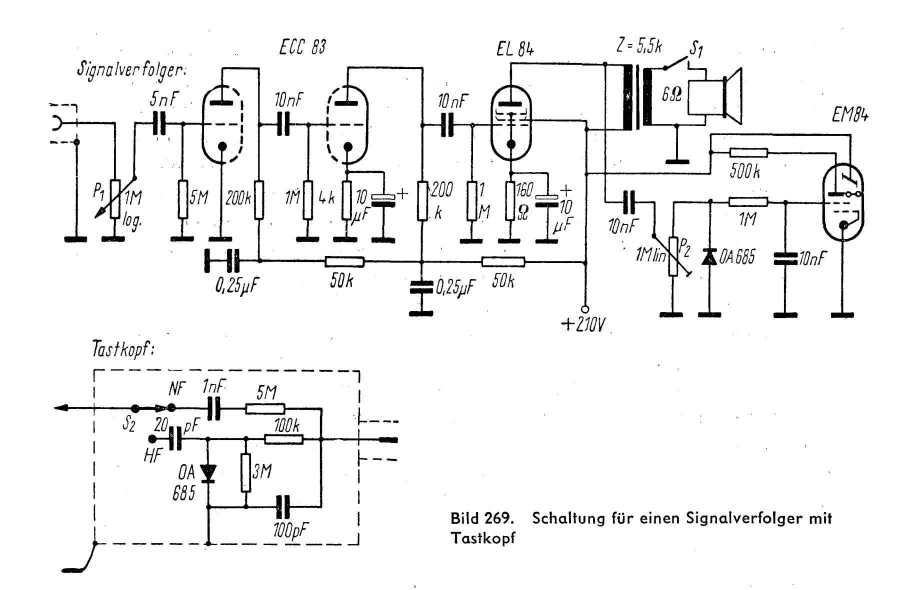


Bild 269. Schaltung für einen Signalverfolger mit Tastkopf

arbeitet, wird am Eingang des Signalverfolgers ein umschaltbarer Tastkopf angeordnet, der die NF-Spannungen passieren läßt und die HF-Spannungen durch eine Diode gleichrichtet. Dadurch wird die Modulation der HF-Spannung hörbar, und der Signalverfolger braucht nur als NF-Verstärker ausgelegt zu werden.

Das von einem Signalverfolger aufgenommene Signal kann entweder mit einem eingebauten Lautsprecher abgehört oder durch eine eingebaute Abstimmanzeigeröhre angezeigt werden. Bild 269 bringt die Schaltung für einen universell verwendbaren Signalverfolger mit akustischer und optischer Anzeige des aufgenommenen Signales. Der Verstärkerteil ist dreistufig und mit den Röhren ECC 83 und EL 84 bestückt. Im Eingang liegt das Potentiometer P 1, mit dem die Lautstärke geregelt wird. Da der Signalverfolger eine hohe Verstärkung aufweist, ist eine sorgfältige Siebung der Anodenspannungen erforderlich. Deshalb sind vor den Arbeitswiderständen nochmals Siebglieder angeordnet (50 kOhm, 0,25 µF). Um die Brummgefahr möglichst zu mindern, arbeitet das erste Triodensystem mit geerdeter Katode. Die Gittervorspannung wird durch den Anlaufstrom am Gitterableitwiderstand (5 MOhm) erzeugt. Der Außenwiderstand der Endröhre EL 84 beträgt 5,5 kOhm, so daß der verwendete Ausgangsübertrager eine Primärimpedanz in gleicher Größe aufweisen muß. Mit dem Schalter S 1 kann der Lautsprecher abgeschaltet werden. An die Anode der Lautsprecherröhre ist über einen Kondensator von 10 nF die optische Anzeige mit der Abstimmanzeigeröhre (magisches Auge) EM 84 angeschlossen. Die Empfindlichkeit der optischen Anzeige wird mit dem Potentiometer P 2 fest eingestellt.

Der Tastkopf kann mit einem längeren Kabelstück fest mit dem Eingang des Signalverfolgers verbunden werden. Es ist allerdings praktischer, wenn man das Kabelende

des Tastkopfes mit einem geeigneten mehrpoligen Stecker versieht und bei dem Signalverfolger eine entsprechende Buchse einbaut. Mit dem Umschalter S 2 des Tastkopfes kann man auf NF oder HF umschalten je nach dem Signal, das man aufnehmen will.
Die Bauelemente des Tastkopfes bringt man in einem Stück Metallrohr unter. Die Tastspitze besteht aus 2 bis 3 mm starkem Kupfer oder Messing. Der Minus-Anschluß wird mit dem Chassis des zu untersuchenden Gerätes verbunden. Die Stromversorgung des Signalverfolgers kann wieder aus einem Universal-Netzteil erfolgen. Will man das Gerät auch transportieren, ist es vielleicht besser, wenn man für den Signalverfolger eine eigene Stromversorgung vorsieht. Für den Einbau sollte man möglichst ein Metallgehäuse verwenden. Gut geeignet sind große rechteckige Brotbüchsen, wie man sie für den Campingbedarf anbietet. Damit entfällt die Arbeit für die Herstellung eines Metallgehäuses.
Um den Signalverfolger als Reparaturgerät universeller zu gestalten, sollte man den Multivibrator für die Signalzuführung entweder mit einbauen oder an einer mehrpoligen Buchse die Stromversorgung dafür vorsehen. Auch einen Durchgangsprüfer mit Skalenlampenbirne (für niederohmige Prüfungen) und Glimmlampe (für hochohmige Prüfungen) kann man einbauen. Geeignete Schaltungen dafür enthält dieses Buch.
Will man einen defekten Rundfunkempfänger mit Hilfe der Methode der Signalverfolgung untersuchen, dann beginnt man die Prüfung an der Antennenbuchse des Rundfunkempfängers. Über den Lautsprecher des Signalverfolgers sind meist mehrere Rundfunksender hörbar. Dann geht man mit dem auf Stellung „HF" geschalteten Tastkopf weiter zum Schwingungskreis, wobei man jetzt schon auf einzelne Sender abstimmen kann. Je mehr Verstärkerstufen des Empfängers hinzukommen, um so mehr muß die Lautstärkeregelung des Signalverfolgers zurückgedreht werden. Mit dem Signalverfolger lassen sich viele Fehler sehr schnell ermitteln. Der Fehler des defekten Gerätes wird regelrecht eingekreist, die Reparatur gestaltet sich wenig zeitraubend. Mit der kombinierten Anwendung der Methoden der Signalzuführung und der Signalverfolgung kann man fast sämtliche Fehlerquellen schnell ermitteln und eine rationelle Reparatur durchführen.

TEIL III BAUANLEITUNGEN UND SCHALTUNGEN MIT TRANSISTOREN

1. VERSTÄRKERSCHALTUNGEN FÜR NIEDERFREQUENZ

1.1 Einstufige Verstärker

Für die Anwendung in der Niederfrequenzverstärkertechnik empfiehlt sich besonders bei kleineren Leistungen bis etwa 1 W der Transistor, da durch den Handel entsprechende Typen angeboten werden. Geeignet sind für NF-Schaltungen alle Transistortypen, da die Frage der Grenzfrequenz eine untergeordnete Rolle spielt.
Einstufige Verstärkerschaltungen wendet man vor allem dort an, wo nur eine geringe Verstärkung erforderlich ist, also zum Beispiel um ein Kohlemikrofon an einem Rundfunkempfänger anzuschließen oder um mit einem Detektorempfänger einen lautstarken Empfang mit dem Kopfhörer zu erzielen. Fast ausschließlich wird dabei die Emitter-Grundschaltung des Transistors (siehe Abschnitt 1.22 in Teil I dieses Buches) angewendet. Nur bei speziellen Anwendungsgebieten benutzt man die Kollektor- oder Basis-Grundschaltung. Bei der Emitter-Grundschaltung entspricht analog der Katodenbasisschaltung der Röhrentechnik die Basis des Transistors dem Steuergitter einer Elektronenröhre, der Emitter des Transistors der Katode der Elektronenröhre, der Kollektor des Transistors der Anode der Elektronenröhre. Entsprechend dieser Analogie erfolgt die Steuerung des Transistors an der Basiselektrode, und an der Kollektorelektrode wird das verstärkte Signal am Kollektorwiderstand abgenommen. Die Emitterelektrode kann zur Unterstützung der Stabilisierung der Transistorstufe herangezogen werden.
Besonders zu beachten ist die Temperaturabhängigkeit der Transistor-Kennwerte. In den Daten der Industrie werden die Kennwerte meist für eine Temperatur von 25 °C angegeben. Mit ansteigender Temperatur ändern sich die Transistor-Kennwerte, wobei besonders der Kollektorreststrom ansteigt. Dabei verdoppelt sich dieser Wert für je 10 °C Temperaturzunahme. Außerdem ändern sich die Betriebsströme innerhalb und außerhalb des Transistors. Da sich ähnlich wie bei einer Rückkopplung die Stromwerte aufschaukeln, wird der Transistor überlastet und schließlich zerstört.
Um die Auswirkungen des Temperatureinflusses zu vermindern, müssen die Transistorstufen stabilisiert werden. Dabei scheidet z. B. die Anwendung stabilisierter Gleichspannungen aus, weil der Arbeitspunkt infolge höherer Ströme oder wechselnder Temperaturen trotzdem davonlaufen würde. Vielmehr muß man die gleichstrommäßige Stabilisierung so durchführen, daß bei auftretenden Temperaturänderungen die Betriebsströme festgehalten werden. Diesen Forderungen entsprechende Schaltungen bezeichnet man als Parallelgegenkopplung oder als Seriengegenkopplung. Bevor wir zu diesen Schaltungen kommen, sei die einfachste Transistorstufe in Bild 270 gezeigt.

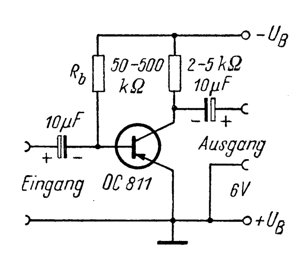
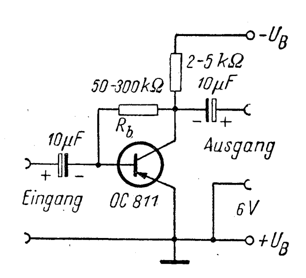


Bild 270 (links)
Einstufige Transistor-Verstärkerstufe ohne Stabilisierung des Gleichstrom-Arbeitspunktes

Bild 271 (rechts)
Einstufige Transistor-Verstärkerstufe mit Parallelgegenkopplung zur Stabilisierung

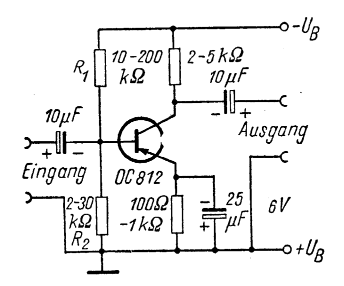


Dem Transistor wird an der Basis über den Elektrolytkondensator von 10 µF das zu verstärkende Signal zugeführt. Im Kollektorkreis liegt der Kollektor-Arbeitswiderstand von 2 bis 5 kOhm. Über den Elko von 10 µF kann vom Kollektor das verstärkte Signal entnommen werden. Die Emitterelektrode liegt auf Massepotential. Zwischen dem Minuspol der Speisebatterie und der Basiselektrode liegt der Widerstand R_b von etwa 50 bis 500 kOhm. Eine stabilisierende Wirkung tritt nicht auf, da der Basisstrom nur abhängig ist von der Größe des Widerstandes R_b und der Größe der Speisespannung. Bei Temperaturerhöhung verschiebt sich der Arbeitspunkt, und die Aussteuerbarkeit des Transistors geht zurück. Der Kollektorstrom kann unzulässige Werte annehmen, ohne daß der Widerstand R_b die Basiselektrode dabei beeinflußt. Deshalb sollte man diese Schaltung nach Bild 270 nicht anwenden.

Legt man aber den Widerstand R_b direkt zwischen Basis- und Kollektorelektrode, so wird eine gleichstromstabilisierende Parallelgegenkopplung oder genauer Parallel-Spannungsgegenkopplung erreicht. Dabei müssen wir bei Transistorschaltungen den zweifachen Gebrauch des Begriffes „Gegenkopplung“ beachten. Alle gleichstromstabilisierenden Gegenkopplungen sind dabei statische Gegenkopplungen. Die dynamischen Gegenkopplungen, die dagegen wechselstrommäßig angewendet werden, dienen vor allem zur Herabsetzung der Verzerrungen, zur Stabilisierung der Verstärkereigenschaften und zum Erreichen bestimmter Eingangs- und Ausgangswerte.

Bild 271 zeigt die Anwendung der Parallelgegenkopplung bei einer Transistor-Verstärkerstufe zur gleichstrommäßigen Stabilisierung. Dabei ist der Basisstrom von der Kollektorspannung abhängig. Vergrößert sich bei einem Temperaturanstieg der Kollektorstrom, so wird die Kollektorspannung durch den größeren Spannungsabfall am Kollektorarbeitswiderstand kleiner, dadurch natürlich auch der Basisstrom. Als Folge wird der Kollektorstrom zurückgeregelt. Da der Widerstand R_b nicht mit einem Kondensator überbrückt werden kann, tritt zusätzlich eine Wechselstromgegenkopplung auf. Will man diese verhindern, dann muß der Widerstand R_b in zwei Widerstände in Reihenschaltung aufgeteilt und vom Verbindungspunkt der beiden Widerstände ein Kondensator an Masse gelegt werden. Wegen dieser Schwierigkeit wendet man die Parallelgegenkopplung nur bei einfachen Schaltungen an.

Eine günstigere Schaltung zeigt Bild 272, bei der zur Gleichstromstabilisierung die Seriengegenkopplung, genauer Serien-Stromgegenkopplung, angewendet wird. Aus-



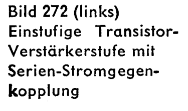
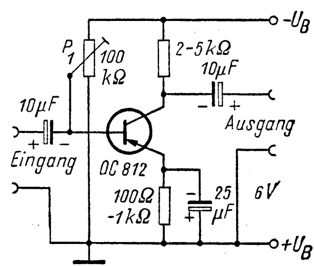

Bild 272 (links) Einstufige Transistor-Verstärkerstufe mit Serien-Stromgegenkopplung

Bild 273 (rechts) Für den experimentellen Aufbau ist es günstig, für den Basisspannungsteiler einen Trimmwiderstand zu verwenden



schlaggebend für die Stabilisierung ist der Emitterwiderstand von 100 Ohm bis etwa 1 kOhm. Erhöht sich der Kollektorstrom infolge eines Temperaturanstieges, dann wird die am Emitter auftretende Spannung nach negativen Werten hin verschoben. Dadurch vermindert sich auch die negative Spannung zwischen Basis und Emitter, und der Basisstrom verkleinert sich. Infolgedessen geht der Kollektorstrom zurück, womit die Stabilisierung erreicht ist. Zur Unterstützung der stabilisierenden Wirkung erhält die Basis eine feste Vorspannung, die durch die beiden als Spannungsteiler geschalteten Widerstände R 1 und R 2 erzeugt wird.

Da der Emitterwiderstand die Verstärkung infolge einer auftretenden Wechselstromgegenkopplung herabsetzt, muß er kapazitiv überbrückt werden. Er setzt aber auch die am Kollektor wirksame Spannung herab, man darf ihn daher nicht zu groß wählen. In der Praxis liegen die Werte für Vorstufenschaltungen zwischen 100 Ohm und etwa 1 kOhm. Der Basisspannungsteiler sollte so dimensioniert werden, daß durch die Widerstände R 1 und R 2 etwa ein zwei- bis dreifach höherer Strom fließt, als für die Basis erforderlich ist. Die möglichen Widerstandswerte sind in Bild 272 angegeben.

In Schaltungen, wo man nur kleine Werte des Emitterwiderstandes benutzen kann, z. B. bei Endstufen oder wenn besonders ansteigende Temperaturverhältnisse kompensiert werden sollen, benutzt man für R 2 einen sogenannten nichtlinearen Widerstand (NTC-Widerstand oder Hescho-Herwid-Widerstand). Dieser Widerstand nimmt mit zunehmender Temperatur kleinere Werte an. Mit abnehmendem Widerstand wird auch der Basisstrom kleiner, so daß auch der Kollektorstrom absinkt. Um eine den gegebenen Verhältnissen brauchbare Temperaturcharakteristik zu erhalten, schaltet man dem NTC-Widerstand einen Ohmschen Widerstand parallel. Die Werte dieser Kombination legt man durch Versuche fest, da eine Berechnung sehr umständlich wäre. Bild 273 zeigt eine Schaltung, wie sie vor allem für Versuchszwecke geeignet ist. Der Basisspannungsteiler besteht aus einem Trimmpotentiometer von 100 kOhm, wobei die Basiselektrode am Schleifer von P 1 liegt. Mit Hilfe des Trimmpotentiometers kann man den günstigsten Wert leicht einstellen. Verwendet wird der Transistor OC 812, der ein geringeres Rauschen aufweist als die Transistoren OC 810 oder OC 811. Für besonders rauscharme Eingangsstufen empfiehlt sich die Anwendung des Transistors OC 814.

1.2 Zweistufige Verstärker

Eine Verstärkerschaltung für den Anschluß eines Kopfhörers am Ausgang zeigt Bild 274. Diese zweistufige Schaltung ist mit den Transistoren OC 812 und OC 811 bestückt. Die erste Stufe arbeitet mit Parallelgegenkopplung. Zur Unterstützung der Temperaturkompensation ist im Emitterkreis eine RC-Kombination vorgesehen. In der zweiten Transistorstufe wurde eine Seriengegenkopplung verwendet. Im Kollektorkreis liegt der Kopfhörer, der eine Impedanz von 1 bis 2 kOhm aufweisen soll. Der normale Kopfhörer hat eine Impedanz von 4 kOhm, wobei beide Erregerspulen je eine Impedanz von 2 kOhm haben. Ändert man diese Reihenschaltung der Erregerspulen in eine Parallelschaltung um, so besitzt der Kopfhörer eine Impedanz von 1 kOhm und ist dann für Transistorschaltung besser geeignet.

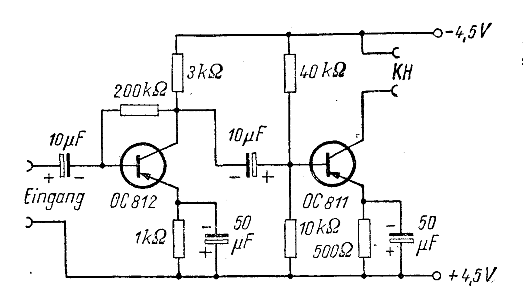


Bild 274. Zweistufige Transistor-Verstärkerschaltung für Kopfhöreranschluß

Der in Bild 274 gezeigte Verstärker kann als Abhörverstärker vielseitig verwendet werden. So kann man z. B. ein Dioden- oder Audionempfangsteil davorschalten. Zur Stromversorgung dient eine Taschenlampen-Flachbatterie von 4,5 V. Die beiden Transistoren entnehmen dieser Batterie einen Strom von etwa 1,5 mA. Bedenkt man, daß eine Taschenlampe dieser Batterie mehrere Stunden lang einen Strom von 200 bis 300 mA entnimmt, dann kann man sich vorstellen, wie lange diese Batterie in der Transistorschaltung brauchbar ist. Für die angegebene Schaltung können aber auch Betriebsspannungen von 1,5 V bis 9 V verwendet werden. Der Aufbau des Verstärkers erfolgt auf einer kleinen Pertinaxplatte von 1 bis 2 mm Stärke.
Eine interessante Anwendung eines zweistufigen Transistorverstärkers zeigt Bild 275. Es handelt sich um einen Telefonadapter, mit dem man die Gegensprechstelle lautstark empfangen kann. Da kein Eingriff in den Telefonapparat notwendig ist, bekommt

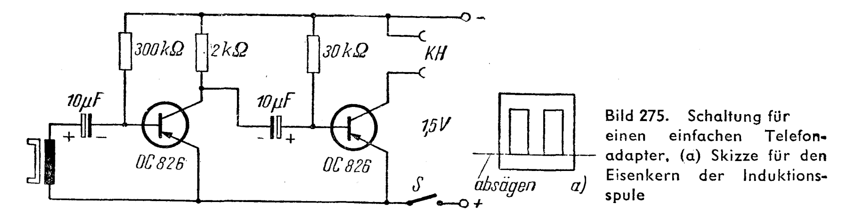


Bild 275. Schaltung für einen einfachen Telefonadapter. (a) Skizze für den Eisenkern der Induktionsspule

man auch keine Schwierigkeiten mit der Deutschen Post. Im Eingang des Verstärkers liegt eine Aufnahmespule mit einem Eisenkern, der magnetisch nicht geschlossen ist. Es eignet sich ein kleiner U-Eisenkern ohne Querblech oder ein kleiner E-Schnitt ohne Gegenblech. Steht nur ein M-Schnitt, z. B. M 30, zur Verfügung, so muß nach Bild 275a ein Quersteg abgesägt werden, um den magnetischen Kreis zu unterbrechen. Der Spulenkörper wird mit dünnem Kupferlackdraht 0,1 mm Durchmesser vollgewickelt (etwa 4500 Wdg.). Die offene Seite der Aufnahmespule nähert man dem im Telefongehäuse befindlichen Leitungsübertrager von außen. Dadurch wird beim Sprechen der Gegenstelle in die Aufnahmespule eine NF-Spannung induziert.
Diese NF-Spannung verstärkt der zweistufige Transistorverstärker, sie kann mit einem Kopfhörer (1 bis 2 kOhm Impedanz) im Kollektorkreis des zweiten Transistors abgehört werden. Beide Stufen des Transistorverstärkers sind durch eine Parallelgegenkopplung gleichstrommäßig stabilisiert. Als Betriebsspannung genügt eine Stabbatterie von 1,5 V. Der Einbau kann in ein kleines Gehäuse oder eine Kunststoff-Seifenschachtel erfolgen. Mit dem Schalter S wird das kleine Gerät ausgeschaltet. Als Transistoren eignen sich auch die Typen OC 812 und OC 811.
Eine einfache Schaltung zur Vorverstärkung der von einem Mikrofon abgegebenen Spannung zeigt Bild 276. Dynamische Mikrofone, die meist einen Anschlußwert von 200 Ohm haben, werden an den Eingangsbuchsen 2 und 3 angeschlossen. Kristallmikrofone mit einem wesentlich höheren Anschlußwert kann man an die Buchsen 1 und 3 anschließen. Allerdings ist die Anpassung nur unvollständig. Um eine korrekte Anpassung zu erzielen, mußte der Eingangstransistor in Kollektorbasisschaltung arbeiten, damit ein hochohmiger Eingangswiderstand der Schaltung erreicht wird.
Beide Transistorstufen arbeiten mit einer Seriengegenkopplung. Die Basisspannungsteiler bestehen aus Trimmpotentiometern, mit denen man bequem auf geringstes Rauschen und größte Verstärkung einstellen kann. Zur Vermeidung einer zu starken Wechselstromgegenkopplung, die die Verstärkung herabsetzt, sind die Emitterwiderstände kapazitiv überbrückt. Als Betriebsspannung eignet sich eine Spannung von 1,5 V oder 3 V. Für den Einbau sollte man ein metallisches Gehäuse nehmen. Bei Verwendung kleiner Bauteile (1/10-W-Widerstände und Kleinstelkos) kann z. B. ein alter Bandfilter-Abschirmbecher als Gehäuse benutzt werden.

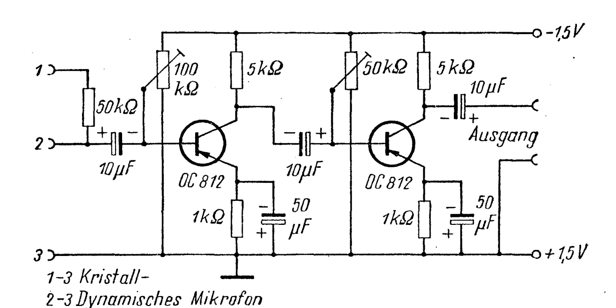


Bild 276. Schaltung für einen Mikrofon-Vorverstärker mit Transistoren

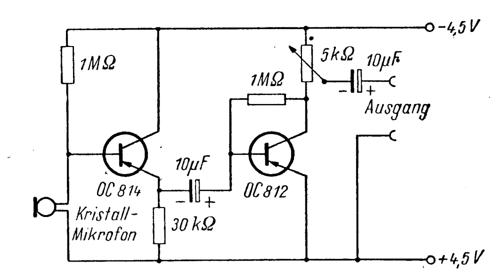


Bild 277. Schaltung eines Mikrofon-Vorverstärkers mit hochohmigem Eingang für ein Kristallmikrofon

Wesentlich günstigere Ergebnisse bei der Anpassung von Kristallmikrofonen erreicht man mit der Schaltung nach Bild 277. Hierbei arbeitet der Eingangstransistor in der Kollektorbasisschaltung, so daß ein genügend großer Eingangswiderstand der Schaltung erzielt wird. Die erreichbare Größe des Eingangswiderstandes ist abhängig von der Größe des Stromverstärkungsfaktors und von der Größe des Emitterwiderstandes. Die Spannungsverstärkung der Eingangsstufe ist kleiner als 1. Als Transistor wird in der Eingangsstufe der rauscharme Transistor OC 814 verwendet. Die Basisvorspannung erreicht man durch den 1-MOhm-Widerstand zwischen Kollektor und Basis. Es bleibt sich gleich, ob man das Kristallmikrofon zwischen Basis und Pluspol oder Basis und Minuspol schaltet. Beide der Basis gegenüberliegende Punkte sind wechselstrommäßig über die Speisebatterie kurzgeschlossen.
Als Arbeitswiderstand dient der Emitterwiderstand, an dem über einen Elko das Signal abgenommen und der Basis des zweiten Transistors zugeführt wird. Eine Stabilisierung dieser Transistorstufe erhält man wieder durch eine Parallelgegenkopplung mit dem Widerstand 1 MOhm. Die verstärkte NF-Spannung des Kristallmikrofons kann man am Kollektor über ein Potentiometer entnehmen, das zur Lautstärkeregelung dient. Je nach der Empfindlichkeit des Hauptverstärkers muß man dieser Schaltung noch eine oder zwei Transistor-NF-Stufen nachordnen. Als Spannungsversorgung ist eine Flachbatterie von 4,5 V vorgesehen. Der Aufbau erfolgt am günstigsten wieder auf einer kleinen Pertinaxplatte in einem metallischem Gehäuse. Sollen längere Leitungen an den endgültigen Ausgang angeschlossen werden, so empfiehlt sich die Transformation auf etwa 200 Ohm mittels eines Ausgangstransformators, der an die Stelle des Kollektor-Arbeitswiderstandes der letzten Transistorstufe geschaltet wird. Ein geeigneter Transformator dafür ist der Kleinstübertrager 5 K 10 des VEB Funkwerk Leipzig, der primärseitig eine Impedanz von 5 kOhm und sekundärseitig eine Impedanz von 200 Ohm aufweist. Verwendet man einen Trafokern M 30, so erhält die Primärwicklung 2000 Wdg. aus 0,1-CuL, die Sekundärwicklung 400 Wdg. aus 0,1-CuL. Der Trafokern wird dabei wechselseitig geschichtet.

1.3 Dreistufige Verstärker

Sollen bei NF-Vorverstärkern kleine Eingangsspannungen verstärkt oder große Verstärkungsziffern erzielt werden, so muß man die Schaltung mehrstufig ausführen. Dabei ist zu beachten, daß bereits die Stabilisierung der Schaltung Schwierigkeiten

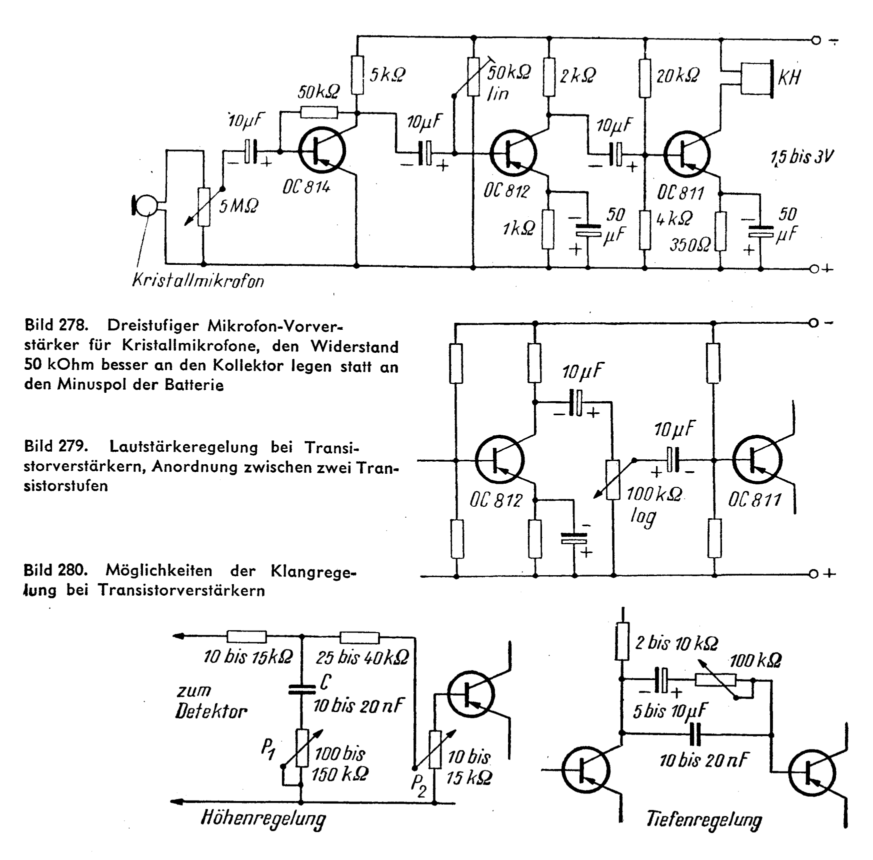


Bild 278. Dreistufiger Mikrofon-Vorverstärker für Kristallmikrofone, den Widerstand 50 kOhm besser an den Kollektor legen statt an den Minuspol der Batterie

Bild 279. Lautstärkeregelung bei Transistorverstärkern, Anordnung zwischen zwei Transistorstufen

Bild 280. Möglichkeiten der Klangregelung bei Transistorverstärkern

bereitet. Deshalb sollte man bei mehrstufigen Schaltungen vor allem die Seriengegenkopplung mit kapazitiv überbrücktem Emitterwiderstand und Basisspannungsteiler anwenden. Bild 278 zeigt die Schaltung für einen dreistufigen Transistorverstärker, den man z. B. als Hörgerät für Schwerhörige oder als empfindlichen Abhörverstärker verwenden kann. Hörgeräte werden auch industriell hergestellt und sind meist drei- oder vierstufig ausgeführt. Das Hörgerät nach Bild 278 benutzt im Eingang ein Kristallmikrofon. Das parallelliegende Potentiometer dient zur Lautstärkeregelung. Damit sich der Arbeitspunkt des Transistors nicht bei der Lautstärkeregelung verändert, liegt zwischen dem Schleifer des Potentiometers und der Basis des Eingangstransistors zur Gleichstromsperrung ein Elektrolytkondensator von 10 µF. Die Eingangsstufe arbeitet auch ohne Stabilisierung, alle anderen Stufen mit Seriengegenkopplung. Der Basisspannungsteiler des zweiten Transistors wird durch ein Trimmpotentiometer dargestellt. Im Ausgang liegt ein dynamischer Kleinsthörer (wie ihn z. B. der VEB Funkwerk Kölleda herstellt), der am Ohr getragen werden kann.

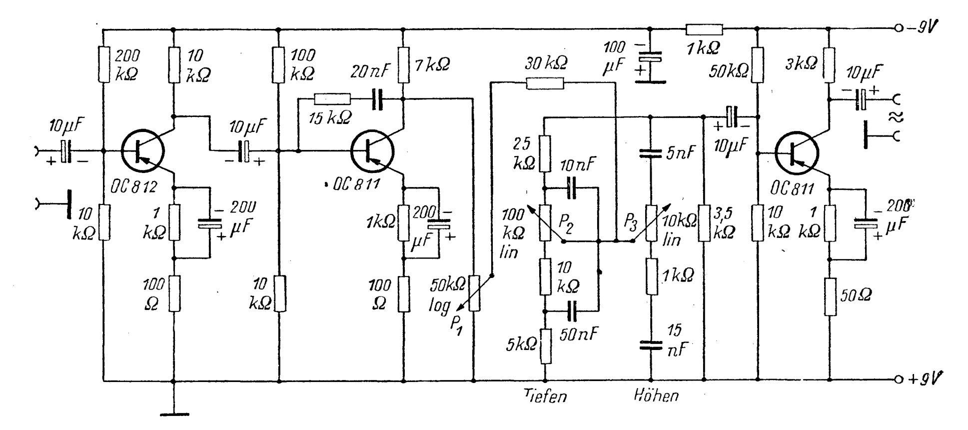


Bild 281. Schaltung eines Transistor-NF-Vorverstärkers mit getrennter Höhen- und Tiefenregelung

Wird die Schaltung als Abhörverstärker verwendet, so entfällt im Eingang das Mikrofon und der 5-MOhm-Regler. Als Stromversorgung des Transistor-Verstärkers genügen eine oder zwei Gnom-Stabbatterien von 1,5 V, die besonders klein sind. Der Aufbau kann wiederum auf einer Pertinaxplatte erfolgen. Soll ein Hörgerät für einen Schwerhörigen aufgebaut werden, so muß die Bauweise möglichst flach ausgeführt sein. Als Mikrofon wird eine vom VEB Funkwerk Leipzig hergestellte Kristallmikrofonkapsel verwendet.

Soll bei einem mehrstufigen Transistor-NF-Verstärker die Lautstärke geregelt werden, so zeigen Bild 277 und Bild 278 zwei Varianten. Möglich ist auch die Anordnung des Lautstärkereglers zwischen zwei Transistorstufen, wie sie Bild 279 zeigt. Damit sich die Arbeitspunkte durch den Lautstärkeregler aber nicht verschieben, muß dieser gleichstromfrei angeschlossen werden. Zu diesem Zweck ist zum Kollektor und zur Basis jeweils ein Elko anzuordnen.

Möglichkeiten zur Klangbeeinflussung erläutert Bild 280. In der linken Schaltung kann mit der Reihenschaltung von Kondensator C und Potentiometer P 1 eine Höhenregelung vorgenommen werden. Mit sich verringerndem Potentiometerwiderstand wird die Höhenbeschneidung stärker. Den Höhenregler ordnet man am Eingang des Transistorverstärkers an. Als Lautstärkeregler wird das Potentiometer P 2 verwendet. Die rechte Schaltung dient zur Regelung der tiefen Frequenzen. Den größten Kopplungskondensator kann man durch das Potentiometer mehr oder weniger wirksam einschalten. Bei kleinem Potentiometerwiderstand liegt der Elko parallel zu dem kleineren Kondensator, und die tiefen Frequenzen werden hindurchgelassen. Bei großen Widerstandswerten wirkt immer mehr nur noch der kleinere Kopplungskondensator, so daß die tiefen Frequenzen nicht passieren können.

Die Schaltung eines NF-Vorverstärkers mit getrennter Regelung der tiefen und hohen Frequenzen zeigt Bild 281. Dabei wird das aus der NF-Verstärkertechnik bekannte

RC-Netzwerk benutzt. Transistorschaltungen sind niederohmig, daher auch die Werte der RC-Glieder entsprechend kleiner. Diese RC-Glieder gestatten sowohl eine Anhebung als auch eine Absenkung der Höhen und Tiefen um jeweils etwa 15 dB. Der Vorverstärker ist dreistufig, da die Verluste durch das RC-Netzwerk ausgeglichen werden müssen. Zur Linearisierung des Frequenzganges sind die Emitterwiderstände aufgeteilt und nur teilweise kapazitiv durch Elkos überbrückt. Bei allen drei Stufen wurde die gleichstrommäßige Seriengegenkopplung angewendet. Der Lautstärkeregler P 1 ist vor dem RC-Netzwerk nach der zweiten Transistorstufe angeordnet. Mit dem Potentiometer P 2 können die Tiefen, mit dem Potentiometer P 3 die Höhen angehoben oder abgesenkt werden. Der Vorverstärker ist so dimensioniert, daß er mit einer Treiberstufe und einer Gegentakt-Endstufe zu einem kompletten NF-Verstärker zusammengeschaltet werden kann. Zur Stromversorgung dienen zwei in Reihe geschaltete Flachbatterien von je 4,5 V.

1.4 Endstufen kleiner Leistung

Will man kleine Transistorverstärker oder Transistorempfänger an einem Lautsprecher betreiben, so muß für die Endstufe ein Transistor mit einer größeren Verlustleistung gewählt werden. Zwar kann man schon an einen Verstärkerausgang mit dem Transistor OC 811 einen größeren Lautsprecher mit Ausgangsübertrager anschließen und auch etwas hören, aber mehr als etwa 10 mW werden nicht abgegeben. Bei kleinen Lautsprechern, wie sie in Transistorgeräten Verwendung finden, hört man durch den schlechten Wirkungsgrad des Kleinstlautsprechers noch entsprechend weniger.

Endstufen mit einem Transistor arbeiten als Eintakt-A-Verstärker, bei denen der Kollektorstrom fest eingestellt wird. Durch diesen festeingestellten Gleichstrom-Arbeitspunkt verbraucht man auch ohne Ansteuerung eine bestimmte Leistung, die den Transistor belastet. Dadurch ist auch die Speisebatterie dauernd belastet und verbraucht sich schneller. Die erzielbare NF-Leistung kann deshalb beim Eintakt-A-Verstärker nur 30 bis 50 Prozent der maximalen Verlustleistung betragen.

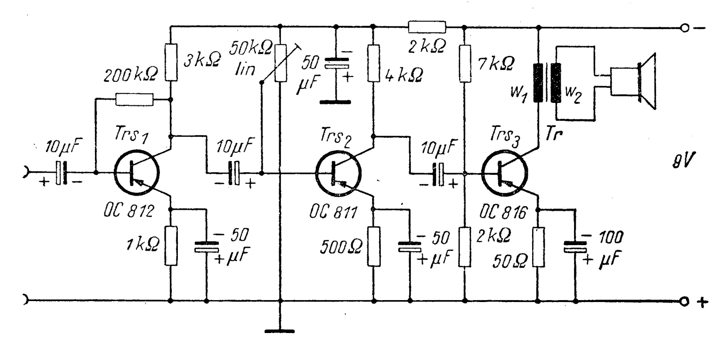


Bild 282. Transistorverstärker mit Lautsprecher-Endstufe (etwa 25 mW)

Bild 282 zeigt eine NF-Verstärkerschaltung mit dem Transistor OC 816 in der Endstufe. Mit dieser Schaltung kann etwa eine NF-Leistung von 20 bis 25 mW erzeugt werden. Durch den Lautsprecher wird zwar weniger abgestrahlt, aber in ruhigen Räumen ohne störende Nebengeräusche genügt diese Leistung schon. Im Freien reicht die Leistung allerdings nicht aus, so daß man eine stärkere Endstufe wählen muß. Die erste Transistorstufe arbeitet mit Parallelgegenkopplung. Der Wert des Widerstandes zwischen Basis und Kollektor muß ausprobiert werden. Der angegebene Wert ist nur ein Anhaltswert, die Einstellung erfolgt auf geringstes Rauschen.

Die zweite Stufe arbeitet mit Seriengegenkopplung. Der Basisspannungsteiler ist ein Trimmpotentiometer, das auf eine verzerrungsfreie Verstärkung eingeregelt wird. Natürlich können auch zwei entsprechende Widerstände eingesetzt werden (40 kOhm und 5 kOhm). Beide Transistorvorstufen arbeiten mit einer verringerten Betriebsspannung. Zu diesem Zweck wurde der Widerstand von 2 kOhm vorgeschaltet. Allerdings ist eine kapazitive Erdung durch einen Elko von etwa 50 μF erforderlich, da sonst Verkopplungen der Transistorstufen auftreten. Die Endstufe, mit dem Transistor OC 816 bestückt, arbeitet ebenfalls mit Seriengegenkopplung. Durch Verändern der Größe des Widerstandes von 7 kOhm wird für die Endstufe ein Kollektorstrom von etwa 12 mA eingestellt. Im Kollektorkreis liegt der Ausgangsübertrager, an dessen Sekundärseite der Kleinstlautsprecher angeschlossen wird. Für den Ausgangstransformator verwenden wir einen Kern M 30/7. Die Windungszahlen sind wie folgt:

w_1 = 700 Wdg., CuL, 0,15 mm ⌀,
w_2 = 100 Wdg., CuL, 0,5 mm ⌀,
M 30/7, Dyn. Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet.

Als Lautsprecher empfiehlt sich vor allem der Sternchen-Lautsprecher, da er einen kleinen Durchmesser besitzt und außerdem sehr flach aufgebaut ist. Zur Stromversorgung dienen zwei Flachbatterien von je 4,5 V. Der Aufbau kann auf einer kleinen Platte aus 1 bis 2 mm starkem Pertinax erfolgen. Die Anschlüsse der einzelnen Bauelemente werden durch Bohrungen gesteckt, auf der Rückseite erfolgt dann die Verdrahtung.

Eine leistungsstärkere Endstufe mit dem Transistor OC 821, der eine maximale Verlustleistung von 150 mW besitzt, zeigt Bild 283. Damit läßt sich im Eintakt-A-Betrieb eine NF-Leistung von 50 bis 60 mW erzeugen. Der größere Widerstand des Basis-

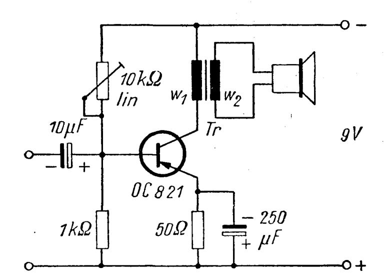
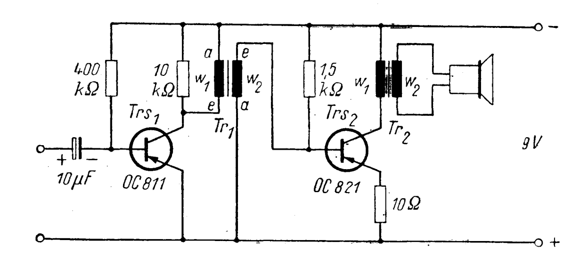


Bild 283. Transistor-Endstufenschaltung für etwa 50 mW

Bild 284. 50-mW-NF-Verstärker mit Übertragerkopplung



spannungsteilers ist regelbar, es wird ein Trimmpotentiometer verwendet. Der Ausgangstransformator besitzt einen Kern M 30, für den folgende Wicklungsangaben gelten:

w_1 = 500 Wdg., CuL, 0,2 mm ∅,
w_2 = 80 Wdg., CuL, 0,5 mm ∅,
M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet.

Eine Schaltung mit Übertragerkopplung zeigt Bild 284. In der Vorstufe, die mit Seriengegenkopplung arbeitet, wird der Transistor OC 811 verwendet. Mit dem Endstufentransistor OC 821 erreicht man eine Ausgangsleistung von etwa 50 mW. Diese nur wenige Bauteile benötigende Verstärkerschaltung ist gut geeignet für Taschenempfänger. Die Stromaufnahme beträgt etwa 30 mA. Die Endstufe ist transformatorisch angekoppelt. Für den Zwischenübertrager mit einem Kern M 30 gelten folgende Werte:

w_1 = 3500 Wdg., CuL, 0,1 mm ∅,
w_2 = 500 Wdg., CuL, 0,1 mm ∅,
M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet.

Die Stabilisierung erfolgt durch die Einbeziehung der Sekundärwicklung des Zwischenübertragers in den Basisspannungsteiler der Endstufe. Auf richtige Polung des Transformators ist zu achten, deshalb wurden jeweils Wicklungsanfang (a) und Wicklungsende (e) im Schaltbild angegeben. Bei der richtigen Polung der Sekundärwicklung kompensiert der durch sie fließende Gleichstrom einen Teil der durch den Ruhestrom der Treiberstufe erzeugten Gleichstrom-Vormagnetisierung. Der parallel zur Primärwicklung liegende Widerstand von etwa 10 kOhm verbessert den Klirrfaktor und den Frequenzgang. Für den Ausgangstransformator gelten folgende Angaben:

w_1 = 500 Wdg., CuL, 0,1 mm ∅,
w_2 = 80 Wdg., CuL, 0,5 mm ∅,
M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet.

Zu beachten ist, daß die Transistoren OC 821 zur besseren Ableitung der Wärme mit den Kühlschellen an ein Kühlblech zu montieren sind.

1.5 Endstufen größerer Leistung

Für Endstufen größerer Leistung sind entwicklungsmäßig die Transistoren OC 830 bis OC 833 mit einer Verlustleistung von 1 W und die Transistoren OC 835 bis OC 838 mit einer Verlustleistung von 4 W hergestellt. Bild 285 zeigt eine Eintakt-A-Endstufe mit dem Transistor OC 831, die eine NF-Leistung von etwa 0,6 W an den Lautsprecher abgeben kann. Der Ruhestrom, der mit dem Potentiometer von 5 kOhm eingestellt wird, soll etwa 100 mA betragen. Zur besseren Wärmeableitung muß der Transistor OC 831 auf einem Kühlblech befestigt werden. Für den Ausgangstransformator gelten folgende Werte:

Kern M 55/20, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet,
w_1 = 500 Wdg., CuL, 0,35 mm ∅,
w_2 = 100 Wdg., CuL, 0,8 mm ∅.

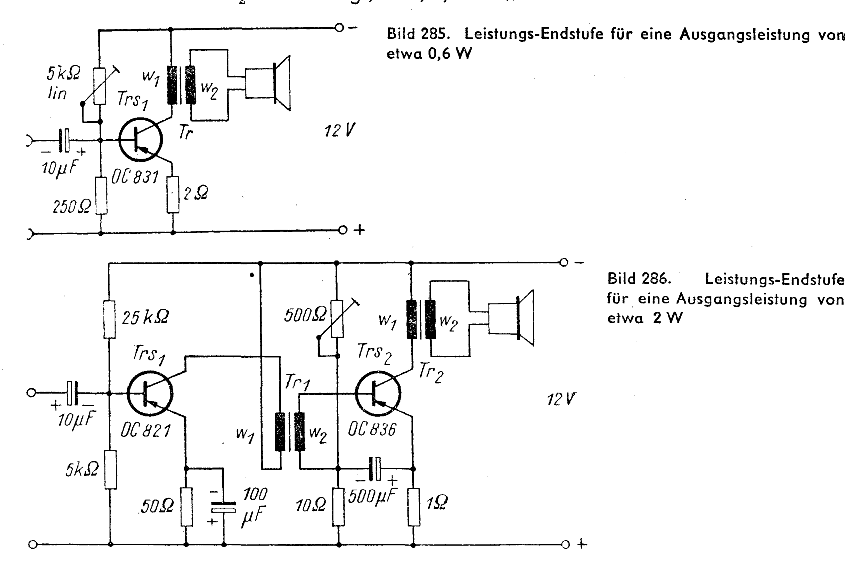


Bild 285. Leistungs-Endstufe für eine Ausgangsleistung von etwa 0,6 W

Bild 286. Leistungs-Endstufe für eine Ausgangsleistung von etwa 2 W

Eine Schaltung für eine Ausgangsleistung von etwa 2 W zeigt Bild 286. Verwendet wird der Transistor OC 836. Die Kopplung zwischen Treiberstufe und Endstufe geschieht durch einen Zwischenübertrager. Die Stabilisierung beider Transistorstufen erfolgt durch Basisspannungsteiler und Emitterwiderstände. Der Ruhestrom der Endstufe wird auf 250 bis 300 mA eingestellt. Für den Zwischenübertrager Tr 1 gelten folgende Werte:

Kern M 42/15, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet,
w_1 = 1500 Wdg., CuL, 0,1 mm ∅,
w_2 = 140 Wdg., CuL, 0,2 mm ∅.

Für den Ausgangstransformator werden folgende Hinweise gegeben:

Kern M 65/27, Dyn.-Bl. IV, 0,5 mm, wechselseitig geschichtet,
$w_1 =$ 300 Wdg., CuL, 0,6 mm ∅,
$w_2 =$ 50 Wdg., CuL, 0,8 mm ∅.

1.6 Gegentakt-Endverstärker

Transistor-Gegentaktverstärker arbeiten im B-Betrieb. Dadurch haben sie ohne Ansteuerung lediglich einen kleinen Ruhestrom, der die Batterie nur gering belastet. Das ist einer der Vorteile gegenüber der Eintakt-A-Schaltung. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß der erzielbare Wirkungsgrad größer ist, beim Eintakt-A-Betrieb etwa 50 Prozent, beim Gegentakt-B-Betrieb etwa 75 Prozent. Außerdem bleibt beim Gegentaktbetrieb nur $^1/_4$ der aufgenommenen Gleichstromleistung beim Transistor und belastet diesen. Deshalb kann man mit zwei Transistoren von einer maximalen Verlustleistung von je 100 mW eine Ausgangsleistung von 400 mW erzielen.
Wichtig ist bei Gegentakt-Endstufen, daß beide Transistoren gleiche Werte der Stromverstärkung und der Kollektorrestströme aufweisen. Deshalb werden für solche Schaltungen die Endstufentransistoren auch als Pärchen geliefert. Hat man diese nicht zur Verfügung, dann muß man durch Messungen geeignete Exemplare aussuchen. Bei unterschiedlichen Exemplaren treten bei der Verstärkung starke Verzerrungen auf, die das Klangbild verfälschen. Gegenüber den vielen Vorteilen hat die Gegentaktschaltung aber den Nachteil, daß man an die Transformatoren strengere Bedingungen bezüglich der Symmetrie der Gegentaktwicklungen stellen muß. Deshalb werden die Gegentaktwicklungen meist bifilar gewickelt, also zwei Drähte auf einmal. Beim Herausführen der Enden ist dann darauf zu achten, daß das Ende der einen Drahtwicklung mit dem Anfang der zweiten Drahtwicklung verbunden wird. Sonst erhält man nicht die richtigen Phasenverhältnisse.
Die Stabilisierung erfolgt bei Gegentakt-Endstufen durch einen Emitterwiderstand und einen Basisspannungsteiler. Da am Emitterwiderstand NF-Leistung verlorengeht,

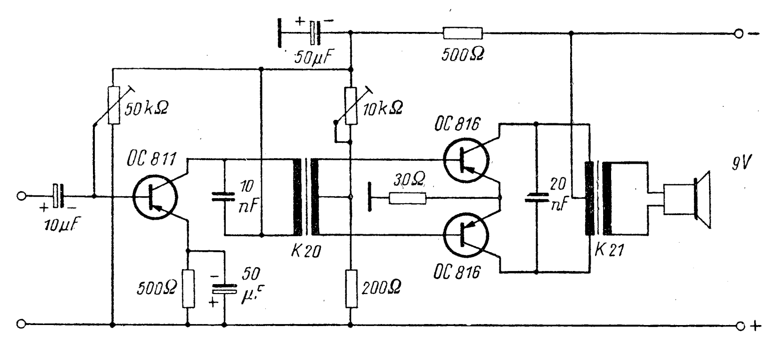


Bild 287. Transistor-Gegentaktverstärker für eine Ausgangsleistung von etwa 100 mW

darf dieser nur kleine Werte besitzen. Zur besseren Stabilisierung schaltet man meist den Widerstand zwischen Basis und Masse noch einen Heißleiter (NTC-Widerstand) geeigneter Größe parallel.
Bild 287 zeigt einen Gegentakt-B-Verstärker für eine Ausgangsleistung von etwa 100 mW. In der Treiberstufe verwendet man den Transistor OC 811. Diese Stufe wird seriengegengekoppelt, so daß ein betriebssicheres Arbeiten gewährleistet ist. Die Speisespannung der Treiberstufe wird herabgesetzt durch den Widerstand von 500 Ohm. Zur Entkopplung dient der Elko von 50 μF im Kollektor. Als Treibertransformator und als Ausgangstransformator nimmt man die Typen K 20 und K 21, die auch im Transistor-Taschenempfänger „Sternchen" eingebaut sind. Hersteller dieser Kleinstübertrager ist der VEB Funkwerk Leipzig. Diese Kleinstübertrager besitzen folgende Daten:

Treiberübertrager K 20

Kerngröße EI 16/6, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, je zwei Bleche, wechselseitig geschichtet,
$w_1 = 1500$ Wdg., CuL, 0,04 mm ∅,
$w_2 = 2 \cdot 500$ Wdg., CuL, 0,05 mm ∅.

Gegentakt-Ausgangsübertrager K 21

Kerngröße EI 19/5, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet,
$w_1 = 2 \cdot 480$ Wdg., CuL, 0,1 mm ∅,
$w_2 = 66$ Wdg., CuL, 0,32 mm ∅.

Will man die Übertrager selbst herstellen, so muß man bei einem Kern M 30 etwa folgende Windungszahlen aufbringen:

Treiberübertrager Tr 1

$w_1 = 2000$ Wdg., CuL, 0,1 mm ∅,
$w_2 = 2 \cdot 600$ Wdg., CuL, 0,1 mm ∅,
Kern M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, gleichsinnig geschichtet.

Ausgangsübertrager Tr 2

$w_1 = 2 \cdot 500$ Wdg., CuL, 0,15 mm ∅,
$w_2 = 80$ Wdg., CuL, 0,3 mm ∅,
Kern M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet.

Die Gegentaktwicklungen werden bifilar gewickelt, damit man eine entsprechende Symmetrie erreicht. Die Kollektorströme stellt man mit den Trimmpotentiometern ein. Für die Endstufe ist dabei ein Kollektor-Ruhestrom von 0,3 mA erforderlich. Zur Verbesserung der Stabilisierung kann dem Basisspannungsteilerwiderstand von 200 Ohm ein NTC-Widerstand parallelgeschaltet werden, z. B. Hescho HLS 200 bzw. HLS 125. Zur Klangverbesserung kann man den Primärseiten der Übertrager jeweils einen Kondensator von etwa 10 bis 20 nF parallelschalten.
Einen Gegentaktverstärker für die größere Ausgangsleistung von etwa 0,4 W = 400 mW zeigt Bild 288. Diesen kompletten Verstärker verwenden wir für Kofferplattenspieler oder Kofferradios. Der NF-Verstärker besteht aus der Vorstufe mit dem rauscharmen

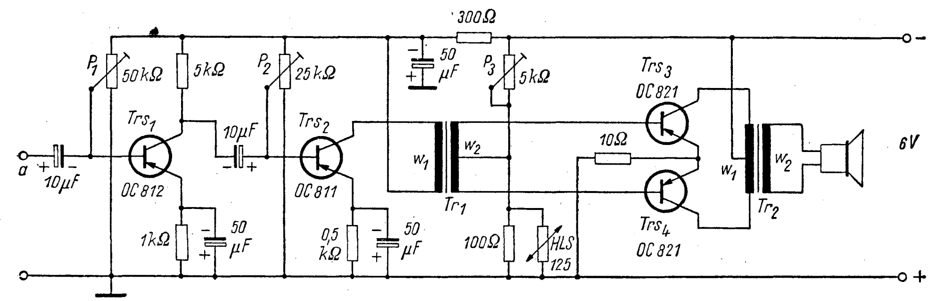


Bild 288. Transistor-Gegentaktverstärker für eine Ausgangsleistung von etwa 400 mW

Transistor OC 812, einer Treiberstufe mit dem Transistor OC 811 und der Gegentakt-B-Endstufe mit zwei Transistoren OC 821. Alle Stufen arbeiten mit Seriengegenkopplung. Die Arbeitspunkte können mit den Trimmpotentiometern P 1 bis P 3 eingestellt werden. Der Kollektorstrom wird bei dem Transistor T 1 auf etwa 2 mA, beim Transistor T 2 auf etwa 5 mA eingeregelt. Der Kollektorruhestrom der Endstufe soll etwa 3 mA betragen.

Eine zusätzliche Verbesserung der Stabilisierung ergibt der parallel zum Widerstand von 100 Ohm liegende NTC-Widerstand (Hescho HLS 125). Für die Übertrager gelten etwa folgende Angaben:

Treiberübertrager Tr 1

$w_1 = 2000$ Wdg., CuL, 0,1 mm ⌀,
$w_2 = 2 \cdot 600$ Wdg., CuL, 0,1 mm ⌀,
Kern M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, gleichsinnig geschichtet.

Ausgangsübertrager Tr 2

$w_1 = 2 \cdot 300$ Wdg., CuL, 0,3 mm ⌀,
$w_2 = 80$ Wdg., CuL, 0,5 mm ⌀,
Kern M 42/15, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet.

Die Gegentaktwicklungen werden bifilar gewickelt. Zur Stromversorgung dienen vier Monozellen von je 1,5 V, so daß sich eine Speisespannung von 6 V ergibt. Eine Lautstärkeregelung kann mit einem Potentiometer von 10 kOhm am Eingang des Verstärkers erfolgen.

Den Aufbau eines Gegentaktverstärkers nimmt man auf einer 2 mm starken Pertinaxplatte vor. In Abschnitt 4.6, Teil I, dieses Buches, wurde schon einiges dazu gesagt. Die Transistoren OC 821 sind jeweils mit der Kühlschelle auf einem Kühlblech zu befestigen. Es empfiehlt sich ein Alu-Blech mit den Abmessungen von etwa 75 · 30 · 2 mm.

2. TRANSISTOR-EMPFÄNGERSCHALTUNGEN

2.1 Einfache Diodenempfänger

Die einfachste Empfängerschaltung ist der Detektorempfänger, der nur wenige Bauelemente benötigt und sehr leicht zu bauen ist. Allerdings sind die Empfangsergebnisse nur in der Nähe größerer Rundfunksender zufriedenstellend, da die Schaltung infolge Fehlens jeglicher Verstärkung sehr unempfindlich ist. Für den Empfang benötigt man eine gute Erdleitung und eine Hochantenne. Die Anwendung einer Ferritantenne empfiehlt sich bei der Detektorschaltung nicht. Hauptbestandteil des Detektorempfängers ist neben dem Schwingungskreis zur Abstimmung auf den zu empfangenden Rundfunksender eine Germaniumdiode, die die empfangene Hochfrequenz gleichrichtet, damit man die Modulationsspannung erhält.

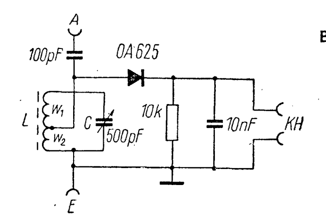


Bild 289. Schaltung für einen einfachen Detektorempfänger

Bild 289 zeigt die Schaltung für einen erprobten Detektorempfänger. Der Schwingungskreis besteht aus der Spule L und dem Drehkondensator C. Als Drehkondensator verwendet man bei Kleinempfängern meist einen flachen Hartpapierdrehko, der eine Kapazität von etwa 500 pF besitzt. Damit wird die Abstimmung auf den Sender vorgenommen. Die Spule L besteht aus einem HF-Eisenkern, der eine Wicklung aus Kupferlackdraht trägt. Für den Mittelwellenbereich werden je nach HF-Eisenkerntyp etwa 60 bis 80 Windungen benötigt. Die Anzapfung liegt bei etwa $^1/_3$ der Windungszahl, vom erdseitigen Ende aus gerechnet. Durch die Anzapfung bedämpft die Germaniumdiode den Schwingungskreis nicht so stark, wodurch die Trennschärfe des Detektorempfängers sich bessert. Allerdings ist die Lautstärke geringer. Soll eine maximale Lautstärke erzielt werden, allerdings bei geringerer Trennschärfe, so kann die Diode an das antennenseitige Ende des Schwingungskreises angeschlossen werden, ebenso die Antenne. In der Schaltung nach Bild 289 wird die Antenne über einen Kondensator von etwa 100 pF ebenfalls an die Spulenanzapfung angeschlossen. Als Germaniumdiode fand der Typ OA 625 Verwendung. Es kann allerdings auch jede andere Diode benutzt werden.

Am Widerstand von 10 kOhm entsteht die aus der Demodulation (Gleichrichtung) gewonnene Niederfrequenzspannung. Der Kondensator von 10 nF beseitigt etwaige HF-Überreste. Parallel dazu liegt der Anschluß für den Kopfhörer, mit dem man die empfangene Sendung abhört. Der Einbau des kleinen Detektorempfängers kann in

eine Kunststoff-Seifendose erfolgen oder in ein ähnlich großes Gehäuse. Für die Anschlüsse von Antenne, Erde und Kopfhörer verwendet man entweder zwei Doppelbuchsen oder vier Telefonbuchsen.

2.2 Diodenempfänger mit Verstärker

Eine Erhöhung der Lautstärke erhält man beim Detektorempfänger, wenn eine oder mehrere Transistor-NF-Verstärkerstufen nachgeschaltet werden. Bild 290 zeigt eine Schaltung, bei der dem Detektor-Empfangsteil ein einstufiger Transistorverstärker

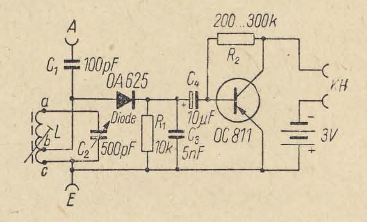


Bild 290. Detektorempfänger mit einstufigem Transistorverstärker für Kopfhörerempfang

nachgeschaltet ist. Damit wird schon eine gute Lautstärke im Kopfhörer erreicht. Um die Schaltung einfach zu gestalten, arbeitet die Transistorstufe mit Parallelgegenkopplung. Es kann aber auch die Seriengegenkopplung mit Basisspannungsteiler und kapazitiv überbrücktem Emitterwiderstand angewendet werden. Die Steuerung des Transistors erfolgt an der Basis. Zur gleichstrommäßigen Trennung des Transistors von der Detektorschaltung dient der Elko C 4. Im Kollektorkreis liegt der Kopfhörer, mit dem die verstärkte NF-Spannung abgehört wird. Die Impedanz des Kopfhörers sollte etwa 1000 Ohm betragen, was man durch eine entsprechende Schaltung der Erregerspulen erreichen kann. Zur Stromversorgung dient eine Stabbatterie von 3 V oder zwei Gnomzellen von je 1,5 V. Auch der IKA-Kleinakku von 2 V ist für diese Schaltung verwendbar. Zwei Kleinakkus gewährleisten eine größere Lautstärke. Die Schaltung des kleinen Empfängers kann man bequem in einer Kunststoff-Seifendose unterbringen (siehe Bild 291).

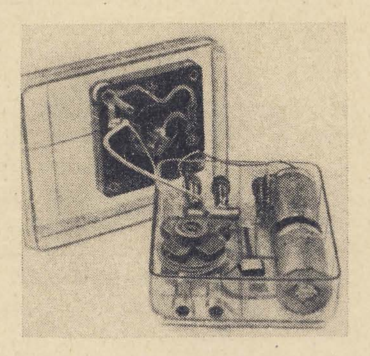


Bild 291. Der Transistorempfänger nach Bild 290 wurde in eine Kunststoff-Seifenschachtel eingebaut

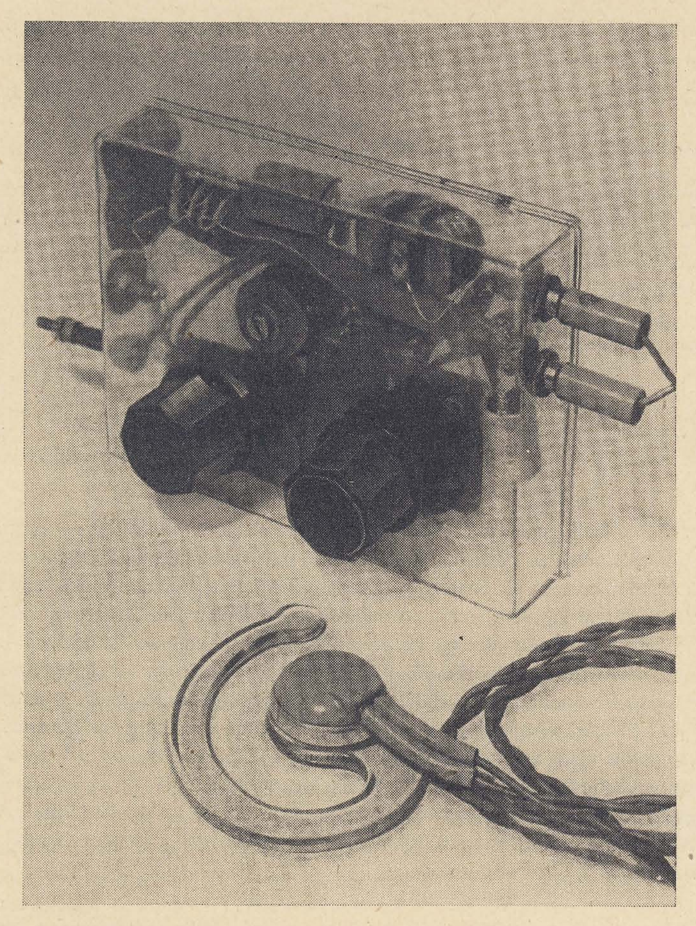


Bild 292. Einfacher Transistorempfänger in einer Spielkartenschachtel

Eine andere Lösung für den Aufbau eines Transistorempfängers zeigt Bild 292. Der Empfänger wurde in eine Kunststoff-Spielkartenschachtel eingebaut. Als Hörer verwendete man einen dynamischen Kleinsthörer, wie er bei Schwerhörigengeräten benutzt wird. Für den Kleinsthörer (VEB Funkwerk Kölleda) gibt es auch eine Hörgabel, wie sie Bild 293 zeigt. Durch den akustischen Kurzschluß zwischen Schallsystem und Ohr wird eine wesentlich größere Lautstärke erreicht.
Für die Transistorstufe können bei Kopfhörerbetrieb alle NF-Vorstufentransistoren benutzt werden. Das sind die Typen OC 810 bis OC 814 des VEB Halbleiterwerkes Frankfurt/Oder.

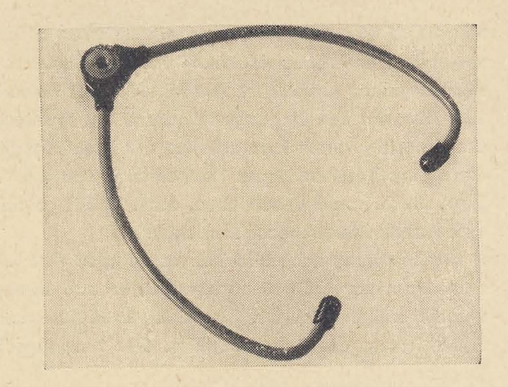
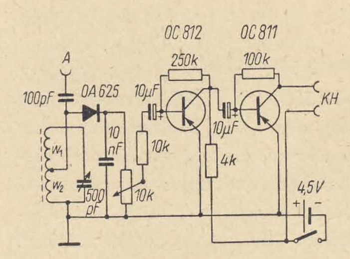


Bild 293. Hörgabel für den Kleinsthörer des VEB Funkwerk Kölleda

Bild 294 (Mitte links). Detektorempfänger mit zweistufigem Transistorverstärker



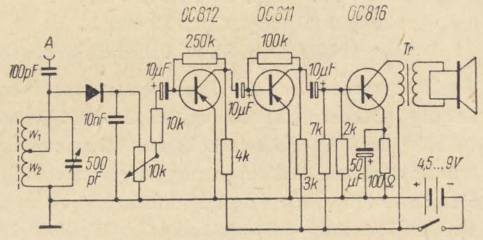


Bild 295 (Mitte rechts). Detektorempfänger mit zweistufigem Transistor-NF-Verstärker und Transistor-Endstufe



Bild 296. Detektorempfänger mit dreistufigem Transistorverstärker in einem flachen Holzgehäuse

Mit einem zweistufigen Transistorverstärker ist die Empfangsschaltung in Bild 294 versehen. Der Arbeitswiderstand des Detektorteiles wurde als Potentiometer zur Lautstärkeregelung ausgeführt. Am Schleifer des Potentiometers liegt ein Widerstand von 10 kOhm, der den Eingangswiderstand des Transistorverstärkers erhöht. Beide Stufen des Transistorverstärkers arbeiten mit Parallelgegenkopplung. Zur Stromversorgung dient eine Taschenlampen-Flachbatterie von 4,5 V. Wird der Verstärker mit einer Stabbatterie von 3 V betrieben, dann ist bei geschicktem Aufbau als Gehäuse sogar eine Kunststoff-Seifendose brauchbar.
In der Schaltung nach Bild 295 wurde noch eine leistungsstärkere Transistorstufe mit dem Transistor OC 816 nachgesetzt, so daß Lautsprecherempfang in bescheidenem Rahmen möglich ist. Die Transistor-Endstufe arbeitet mit Seriengegenkopplung zur Stabilisierung des Arbeitspunktes. Der Ausgangsübertrager enthält folgende Wicklungen:

primär 700 Wdg., CuL, 0,1 mm ⌀,
sekundär 80 Wdg., CuL, 0,2 mm ⌀,
Kern M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet.

Als Lautsprecher kann der Sternchen-Lautsprecher LP 558 vom VEB Elektrogerätebau Leipzig (Durchmesser 65 mm, Einbautiefe 22 mm) oder der Kleinstlautsprecher L 2257 P des VEB Funkwerk Leipzig (Durchmesser 65 mm, Einbautiefe 48 mm) verwendet werden. Zur Stromversorgung empfiehlt sich die Anwendung von ein oder zwei Flachbatterien von je 4,5 V. Bild 296 zeigt einen Detektorempfänger mit einem dreistufigen Transistor-NF-Verstärker für Kopfhörerbetrieb. Der Aufbau des Verstärkers erfolgte auf einer kleinen, mit Leukoplast im Gehäuse befestigten Pertinaxplatte.

2.3 Das Transistor-Audion

Eine wesentliche Verbesserung der Empfangsleistungen eines kleinen Transistorempfängers erreicht man, wenn an Stelle der Detektorschaltung im Eingang eine Audionschaltung verwendet wird. Durch die Rückführung eines Teiles der HF-Spannung vom Kollektorkreis in den Basiskreis erhöht sich die Empfindlichkeit und die Trennschärfe. Den Vorgang der Rückführung eines Teiles der HF-Spannung bezeichnet man als Rückkopplung. Diese Rückkopplung wird regelbar ausgeführt, damit man eine Regelung bis kurz vor den Schwingungseinsatz durchführen kann. Das gestattet maximale Empfangsergebnisse. Für die Ausführung der Rückkopplungsregelung ergeben sich mehrere Möglichkeiten, wie sie die folgenden Schaltungen zeigen. Durch die höhere Eingangsempfindlichkeit ist es auch gerechtfertigt, daß man für den Aufbau der Schwingkreisspule einen Ferritstab verwendet, der gleichzeitig als richtungsempfindliche Antenne wirkt. Dadurch wird der kleine Transistorempfänger unabhängig von einer Außenantenne und einem Erdanschluß.
Bild 297 zeigt eine Transistor-Audionschaltung, bei der die Rückkopplungsregelung durch einen Drehkondensator von 250 pF erfolgt. Über den Rückkopplungsdrehko wird ein Teil der am Kollektor vorhandenen HF-Restspannung an eine Anzapfung der Schwingkreisspule zurückgeführt.

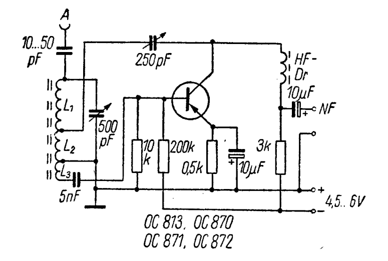


Bild 297. Schaltung für ein erprobtes Transistor-Audion

Der Audiontransistor arbeitet in Emitterschaltung. Da die HF-Spannung aus dem Kollektorkreis zurückgeführt werden muß, ist in dieser Stufe ein HF-Transistor zu verwenden. Vom VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder werden die HF-Transistoren OC 813, OC 870, OC 871 und OC 872 geliefert. Während im Mittelwellenbereich die Transistoren OC 871 und OC 872 einwandfrei arbeiten, weil die erreichbare Grenzfrequenz genügend hoch ist, reicht bei den Transistoren OC 813 und OC 870 die Grenzfrequenz nur bis etwa 1,3 MHz. Der Rückkopplungseinsatz wird sich also bei diesen beiden Transistortypen nicht auf dem ganzen Mittelwellenbereich erzielen lassen.

Die Schwingkreisspule wickelt man isoliert auf einen Ferritstab, wobei je nach der Länge und der Kernkonstante etwa 40 bis 60 Windungen HF-Litze für den Mittelwellenbereich bei einem Abstimmdrehko von 500 pF erforderlich sind. Auf jeden Fall muß die Schwingkreisspule im Mittelwellenbereich eine Induktivität von etwa 200 µH besitzen. Die Wicklungen teilen sich etwa wie folgt auf

L 1 etwa 30 bis 45 Windungen,
L 2 etwa 10 bis 15 Windungen.

Die Wicklung L 3 dient zur Ankopplung des Schwingungskreises an den Basisanschluß des Transistors und soll etwa 5 bis 10 Windungen besitzen. Diese besondere Ankopplungswicklung macht sich erforderlich, weil der Schwingkreiswiderstand je nach der Güte sehr groß, der Eingangswiderstand des Transistors dagegen klein ist. Bei direkter Ankopplung würde eine starke Bedämpfung des Schwingungskreises auftreten, so daß die Trennschärfe zu gering wird. Über einen kleinen Kondensator ist der Anschluß einer Außenantenne möglich. Dadurch läßt sich eine größere Lautstärke erreichen. Die Antenne kann allerdings auch induktiv angekoppelt werden. Dazu muß man auf dem Ferritstab eine besondere Wicklung anbringen.

Der Transistor ist durch die Seriengegenkopplung gleichstrommäßig stabilisiert. Benutzt werden ein Basisspannungsteiler und ein kapazitiv überbrückter Emitterwiderstand. Am Kollektorwiderstand von 3 kOhm entsteht die aus der Demodulation gewonnene Niederfrequenzspannung, die über den Elko von 10 µF einem nachfolgenden NF-Verstärker zugeführt wird. Als Betriebsspannungen genügen 4,5 bis 9 V. Die HF-Drossel verhindert einen Kurzschluß der am Kollektor anliegenden HF-Restspannung, die man zur Rückkopplung ausnutzt. Als Drossel verwendet man einen mit dünnem Kupferlackdraht vollgewickelten HF-Spulenkörper.

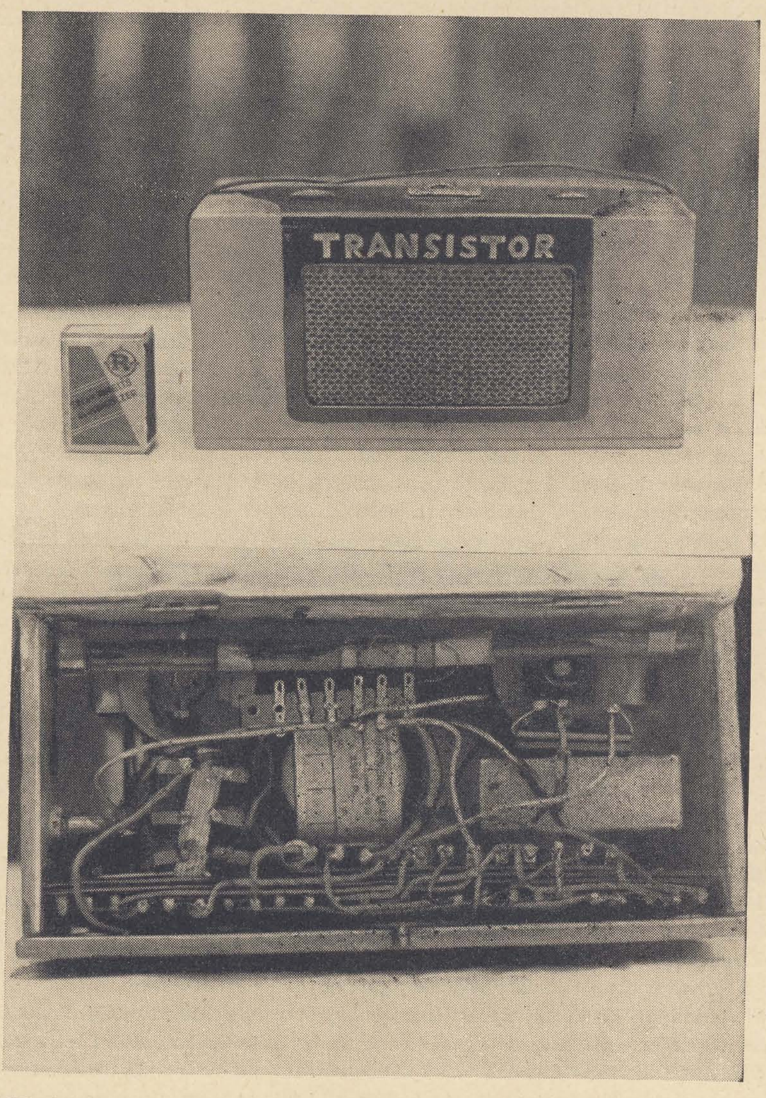


Bild 298 (oben). Vorderansicht eines Selbstbau-Transistorempfängers (A. Hertsch)

Bild 299 (unten). Blick in das Gehäuse eines Selbstbau-Transistorempfängers (A. Hertsch)

Dem Transistoraudion kann je nach dem Verwendungszweck ein mehrstufiger Transistor-NF-Verstärker für Kopfhörer- oder Lautsprecherbetrieb nachgeschaltet werden. Bild 298 und Bild 299 zeigen einen selbstgebauten Transistor-Audionempfänger (A. Hertsch), der über gute Empfindlichkeit und Lautstärke verfügt. (Geeignete Verstärkerschaltungen siehe vorhergehendes Kapitel.)

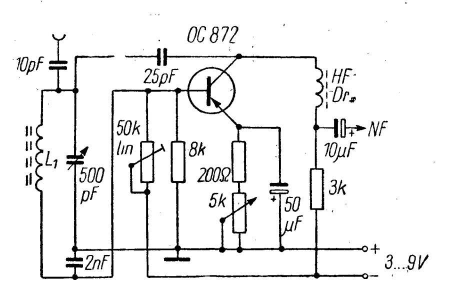


Bild 300. Transistor-Audion-Schaltung mit Rückkopplungsregelung im Emitterkreis

Bei der Schaltung nach Bild 300 erfolgt die Rückkopplung durch einen festen Kondensator von 25 pF. Die Rückkopplungsregelung geschieht mittels Potentiometer im Emitter des HF-Transistors OC 872. Dadurch wird die Arbeitssteilheit des Transistors verändert. Der Basisspannungsteiler kann mit dem Potentiometer von 50 kOhm auf geringes Rauschen der Transistorstufe eingestellt werden. Die Schwingkreisspule von etwa 40 bis 60 Windungen auf dem Ferritstab besitzt keine Anzapfungen. Die Anpassung an den niederohmigen Transistoreingang erfolgt durch eine kapazitive Spannungsteilung mit dem Drehko von 500 pF und dem Kondensator von 2 nF. Für das Rückkopplungspotentiometer nimmt man eine Kleinstausführung.

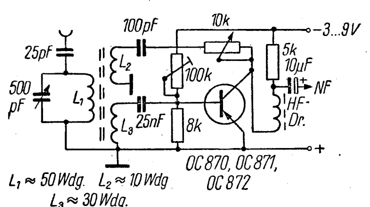


Bild 301. Transistor-Audion-Schaltung mit Rückkopplungsregelung durch Dämpfung der Rückkopplungsspule

In der Schaltung nach Bild 301 wird für die Rückkopplung eine besondere Spulenwicklung verwendet. Die Regelung der Rückkopplung erfolgt durch ein Potentiometer von 10 kOhm, das die Wirkung der Rückkopplung mehr oder weniger unterdrückt. Als Transistor ist ein HF-Typ geeignet. Der Basisspannungsteiler kann mit dem Trimmpotentiometer von 100 kOhm eingestellt werden. Am Kollektor-Arbeitswiderstand von 5 kOhm erhält man die NF-Spannung, die über einen Kleinstelko von 10 µF ausgekoppelt und einem Transistor-NF-Verstärker zugeführt wird. Je nach dem verwendeten Ferritstab ergeben sich folgende Windungszahlen:

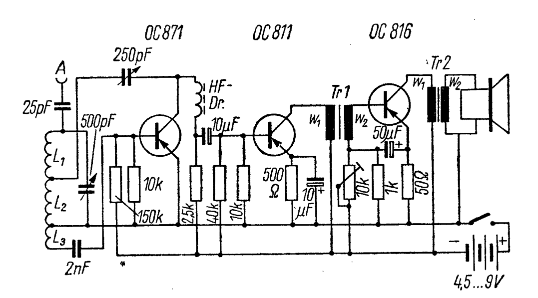


Bild 302. Schaltung für einen dreistufigen Transistor-Audion-Empfänger

L 1 etwa 50 Windungen,
L 2 etwa 30 Windungen,
L 3 etwa 10 Windungen.

Für die Wicklungen wird HF-Litze 20 · 0,07 benutzt. Die Betriebsspannung kann 3 bis 9 V betragen.

Die Schaltung in Bild 302 stellt einen dreistufigen Transistorempfänger dar mit den Transistoren OC 871, OC 811 und OC 816. Der Transistor OC 871, für den auch ein Transistor OC 813 bzw. OC 870 verwendet werden kann, arbeitet in der Audionschaltung. Der Schwingungskreis besteht aus einer auf einer Ferritantenne aufgebrachten Spule L 1 bis L 3 und dem Abstimm-Drehkondensator (Hartpapierausführung = Quetscher) von 500 pF. Die Spule besitzt zwei Abgriffe, einen für die Rückkopplung und einen für die Ankopplung des Schwingungskreises an die Basis des Audion-Transistors. Mit dem Drehkondensator von 250 pF ist die Rückkopplung kapazitiv abzustimmen. Für diesen Drehkondensator wird ebenfalls eine Hartpapierausführung genommen.

Der Audiontransistor arbeitet in der Emitterschaltung. Die Basis des Transistors erhält eine feste Vorspannung durch den Spannungsteiler 10/150 kOhm. Im Kollektorkreis liegt der Arbeitswiderstand von 2,5 kOhm, an dem die von dem empfangenen Sender erhaltene Niederfrequenzspannung abfällt. Über einen Kleinst-Elektrolytkondensator von 10 µF/8 V ist die NF-Vorstufe mit dem Transistor OC 811 angeschlossen. In dieser Stufe können auch die Transistoren OC 810, OC 812 oder OC 814 verwendet werden. Die Stufe arbeitet ebenfalls in der Emitterschaltung, und die Basisvorspannung wird durch einen Spannungsteiler hergestellt. Im Emitterkreis liegt ähnlich wie in der Katode einer Verstärkerröhre eine RC-Kombination, im Kollektorkreis die Primärseite eines Anpassungsübertragers, da der nachfolgende Transistor über diesen angekoppelt wird. Die Transformatorkopplung hat sich bei Transistorschaltungen bewährt, da sich damit der große Ausgangswiderstand und der kleine Eingangswiderstand des nachfolgenden Transistors gut anpassen lassen.

An die Sekundärwicklung des Übertragers ist die Basis des Endstufentransistors angeschlossen. Die Basisvorspannung wird durch den Spannungsteiler 1 kOhm/10 kOhm eingestellt. Die Endstufe ist mit dem Transistor OC 816 bestückt, verwendet werden kann auch der Transistor OC 815. Im Kollektorkreis liegt der Ausgangsübertrager Tr 2, an dessen Sekundärseite der Lautsprecher angeschlossen wird.

Als Lautsprecher sollte man den kleinen Sternchen-Lautsprecher oder den Lautsprecher aus dem Kofferempfänger „Sylva“ nehmen. Für die Widerstände genügen solche mit einer Belastbarkeit von $^{1}/_{10}$ W. Als Stromquellen können eine oder zwei Taschenlampen-Flachbatterien von 4,5 V verwendet werden.

Bei zwei Batterien (in Reihenschaltung 9 V) wird eine größere Lautstärke erreicht, daher ist diesen der Vorzug zu geben. Für den Aufbau des Gehäuses bestehen vielerlei Möglichkeiten. Da mag jeder einzelne seine Phantasie walten lassen. Wenn das gesamte Material zusammengetragen ist, ordnet man es dem Schaltbild entsprechend an und bestimmt die ungefähre Größe des Gehäuses. Die einzelnen Bauelemente werden auf eine Pertinaxplatte gesetzt, die Anschlußfahnen bzw. -drähte durch kleine Bohrungen hindurchgeführt und auf der Rückseite verdrahtet.

Für einen Ferritstab mit einem Durchmesser von 8 bis 10 mm und einer Stablänge von 100 bis 200 mm ergeben sich folgende Windungszahlen:

L 1 etwa 45 Windungen,
L 2 etwa 15 Windungen,
L 3 etwa 10 Windungen.

Für die Wicklung verwendet man HF-Litze 20 · 0,07. Die Transformatoren werden mit Kernpaketen M 30 hergestellt.

Zwischenübertrager Tr 1:

Kern M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet,
$w_1 =$ 2000 Wdg., CuL, 0,1 mm ⌀,
$w_2 =$ 500 Wdg., CuL, 0,2 mm ⌀.

Ausgangsübertrager Tr 2:

Kern M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet,
$w_1 =$ 500 Wdg., CuL, 0,2 mm ⌀,
$w_2 =$ 85 Wdg., CuL, 0,3 mm ⌀.

2.4 Reflexschaltungen

Da Transistorschaltungen sehr niederohmig sind, bereitet die Anwendung von Reflexschaltungen keine besonderen Schwierigkeiten. Bei Reflexschaltungen wird das Verstärker-Bauelement, also eine Elektronenröhre oder ein Transistor, zweimal zur Verstärkung von Wechselspannungen ausgenutzt. Das ist aber nur möglich, wenn die Frequenzen der beiden zu verstärkenden Wechselspannungen sehr weit auseinander liegen. Bei benachbarten Frequenzen würde eine Selbsterregung der Schaltung erfolgen. Deshalb wird in der praktischen Anwendung meist eine HF- und eine NF-Spannung gleichzeitig verstärkt. Bei Empfängerschaltungen spart man dadurch ein oder zwei Verstärkerbauelemente ein oder erzielt eine größere Gesamtverstärkung.

Eine Empfängerschaltung mit zwei Transistoren zeigt Bild 303. Der Transistor OC 871 arbeitet in Reflexschaltung für die HF-Eingangsspannung und die durch die Demodulation erzeugte NF-Spannung. Aus diesem Grund kann auch der Transistor OC 871

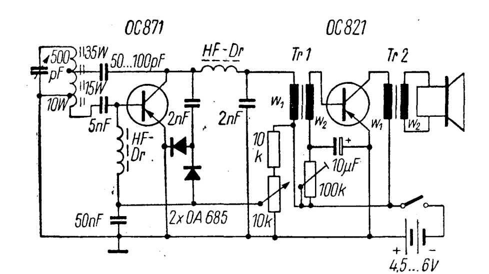


Bild 303. Transistor-Empfängerschaltung mit Reflexschaltung des ersten Transistors und Übertragerkopplung

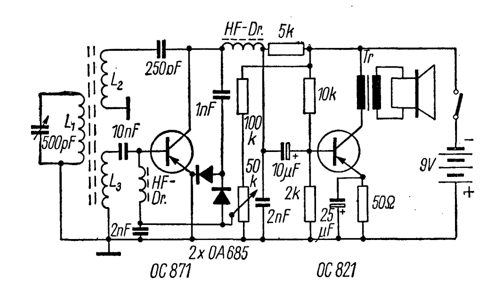


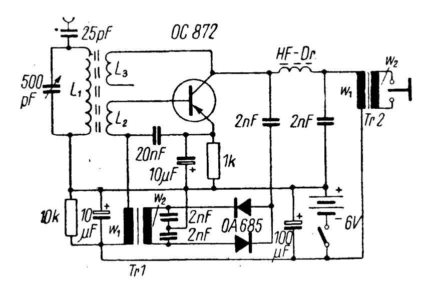
Bild 304. Transistor-Empfängerschaltung mit Reflexstufe

nicht als Audion betrieben werden, sondern muß als HF-Verstärker arbeiten. Die Ankopplung der HF-Spannung an die Basis des Transistors erfolgt über eine Kopplungswicklung am Schwingungskreis und den Kondensator von 5 nF. Die HF-Drossel verhindert ein Abfließen der HF-Spannung nach Masse über den Zuführungspunkt der NF-Spannung. Ein Teil davon wird über einen Kondensator von 50 bis 100 pF zur Rückkopplung an eine Anzapfung der Schwingkreisspule zurückgeführt. Die Rückkopplungsregelung erfolgt durch die Änderung der Basisvorspannung mit dem Potentiometer von 10 kOhm. Die HF-Drossel am Kollektor des HF-Transistors versperrt der HF-Spannung den Weg zum NF-Verstärker. Über einen Kondensator von 2 nF führt man die HF-Spannung den zwei Germaniumdioden, die zur Demodulation dienen, in Gegentaktschaltung zu. Die durch die Demodulation erhaltene NF-Spannung kommt dann an die Basis des HF-Transistors. Die verstärkte NF-Spannung wird über einen Zwischenübertrager an die Transistor-Endstufe gekoppelt. Diese arbeitet ohne Gegenkopplung; durch das Potentiometer kann der Kollektorstrom eingestellt werden. Durch die Anwendung eines Zwischenübertragers läßt sich auf eine einfache Weise eine gute Anpassung der beiden Transistorstufen erzielen. Bei einem Kern M 30 ergeben sich folgende Windungszahlen

Zwischenübertrager Tr 1:

Kern M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet,
w_1 = 2000 Wdg., CuL, 0,1 mm ∅,
w_2 = 500 Wdg., CuL, 0,2 mm ∅.

Bild 305. Eintransistor-Reflexschaltung für Kleinstempfänger



Ausgangsübertrager Tr 2:

Kern M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet,
$w_1 =$ 500 Wdg., CuL, 0,2 mm ∅,
$w_2 =$ 85 Wdg., CuL, 0,3 mm ∅.

Die Betriebsspannung beträgt 4,5 bis 9 V und kann durch eine oder zwei Flachbatterien verwirklicht werden. Der Einbau erfolgt in ein entsprechend gestaltetes Gehäuse.

Bild 304 zeigt eine Reflex-Empfangsschaltung, bei der die Zwischenübertragerkopplung durch eine RC-Kopplung ersetzt wurde. Als Kollektor-Arbeitswiderstand dient der Widerstand von 5 kOhm. Der Ausgangsübertrager entspricht dem der Schaltung 303. Für die Schwingkreisspule mit Ferritstab gelten folgende Windungszahlen:

L 1 etwa 50 Windungen, HF-Litze 20 · 0,07,
L 2 etwa 10 Windungen, CuL, 1 mm ∅,
L 3 etwa 6 Windungen, CuL, 1 mm ∅.

Wenn man die Schaltung in einem Kleinstempfänger verwirklichen will, ist manchmal der zur Verfügung stehende Ferritstab zu lang, z. B. 200 mm. Deshalb muß man den Stab teilen. So kann man zur Empfangsverbesserung zwei Ferritstäbe von 100 mm Länge nebeneinander verwenden. Allerdings muß der Zusammenbau isoliert durchgeführt werden. Das erreicht man mit Prenaband, das man um einen Ferritstab wickelt. Die Teilung des Ferritstabes kann man nicht durch Brechen erreichen, da das Material splittert. Auf eine elegante Weise kann man den Ferritstab trennen, wenn man an der vorgesehenen Trennstelle mit einem weichen Bleistift einen Graphitring anbringt. Dann steckt man zwei mit Bananensteckern versehene Prüfschnüre in eine Steckdose mit 220 V und hält die beiden anderen Bananenstecker gegenüberliegend kurz an den angezeichneten Graphitring. Meist zerspringt dann der Ferritstab an dieser Stelle mit sauberen Trennflächen, ohne daß die Netzsicherung durchschlägt.

Eine Eintransistor-Reflexschaltung mit dem HF-Transistor OC 872 zeigt Bild 305. Der Transistor arbeitet als HF-Verstärker und nach der Demodulation nochmals als NF-Verstärker. Die Einkopplung der NF-Spannung erfolgt über einen Übertrager Tr 1, für den der Kleinstübertrager 5 k 10 des VEB Funkwerk Leipzig vorgesehen werden kann. Für den Selbstbau dieses Übertragers dient ein Kern M 30.

Zwischenübertrager Tr 1:

Kern M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet,
$w_1 =$ 500 Wdg., CuL, 0,1 mm ∅,
$w_2 =$ 2500 Wdg., CuL, 0,1 mm ∅.

Der Ausgangsübertrager Tr 2 ist gedacht zum Anschluß eines niederohmigen Kleinsthörers mit Hörgabel. Auch dafür kann der Typ 5 K 10 verwendet werden. Für den Selbstbau seien folgende Angaben gemacht:

Kern M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet,
$w_1 =$ 2000 Wdg., CuL, 0,1 mm ∅,
$w_2 =$ 400 Wdg., CuL, 0,1 mm ∅.

Die Rückkopplung erfolgt durch die Spule L 3. Sie enthält so viel Windungen, bis man sich kurz vor dem Schwingungseinsatz befindet. Der Wicklungssinn ist dem von Spule L1 entgegengesetzt. Für einen Ferritstab von 8 mm Durchmesser und 100 mm Länge gelten etwa folgende Windungszahlen:

L 1 etwa 70 Wdg., HF-Litze 20 · 0,07,
L 2 etwa 6 Wdg., CuL, 1 mm ∅,
L 3 bis vor Schwingungseinsatz, CuL, 0,5 mm.

Die HF-Drossel besteht aus einem mit dünnem Kupferlackdraht vollgewickelten HF-Spulenkern. Als Betriebsspannung genügen 6 V, die man von zwei Stabbatterien erhält.

2.5 Transistor-Zweikreisempfänger

Will man die Empfindlichkeit und die Trennschärfe eines Transistor-Geradeausempfängers verbessern, so kann man vor die Audionstufe eine HF-Verstärkerstufe setzen. In der Schaltung nach Bild 306 wird allerdings keine Audionstufe verwendet, da beide Transistoren als HF-Verstärker arbeiten und die Demodulation durch eine Germaniumdiode erfolgt. Aber die zweite HF-Stufe besitzt eine Rückkopplung, die die Empfangseigenschaften wesentlich verbessert. Beide HF-Stufen arbeiten mit den Transistoren OC 871 und sind durch die angewendete Seriengegenkopplung gleichstrommäßig stabilisiert. Die frequenzbestimmenden Schwingungskreise liegen im Eingang und im Kollektorkreis des ersten Transistors. Durch den niedrigen Eingangswiderstand der Transistoren erfolgt die Ankopplung der Schwingungskreise durch die Spulen L 2

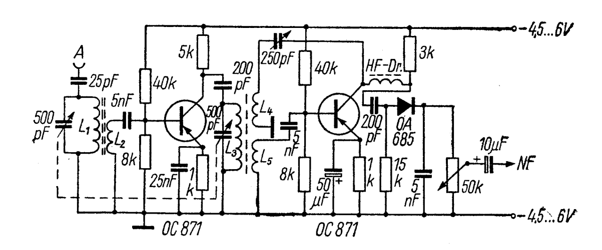


Bild 306. Zweikreis-Empfängerschaltung mit zwei HF-Stufen und Diodendemodulator

und L 5. Für die Eingangskreisspule wird ein Ferritstab verwendet, für die zweite Schwingkreisspule ein HF-Kammerspulenkörper. Die beiden Schwingkreisspulen besitzen folgende Windungen:

Eingangskreis: Ferritstab, 8 mm ∅, 130 mm lang,
L 1 etwa 60 Windungen, HF-Litze 20 · 0,07,
L 2 6 Windungen, CuL, 0,5 mm ∅.

Zwischenkreis: HF-Kammerspulenkörper
L 3 85 Windungen, HF-Litze 20 · 0,07,
L 4 20 Windungen, CuL, 0,5 mm ∅,
L 5 6 Windungen, CuL, 0,5 mm ∅.

Die HF-Drossel besteht aus einem HF-Spulenkörper, der mit dünnem Kupferlackdraht vollgewickelt wird. Den NF-Ausgang bildet ein Potentiometer von 50 kOhm, das zur Lautstärkeregelung dient. Über einen Kleinstelko von 10 μF wird die NF-Spannung einem anzuschließenden NF-Transistorverstärker zugeführt. Als Betriebsspannung genügt eine Spannung von etwa 4,5 bis 6 V.

2.6 Transistor-Superhetempfänger

Die besten Empfangsleistungen erzielt man mit der Superhetschaltung. Allerdings ist diese Schaltung schon schwieriger im Aufbau. Auch der Abgleich ist für den Anfänger nicht einfach, da ein Gleichlauf zwischen Eingangskreis und Oszillatorkreis erzielt werden muß, um die feste Zwischenfrequenz zu erhalten. Auch sind für Transistorschaltungen geeignete Zwischenfrequenzbandfilter in Kleinstausführung nicht handelsüblich.

Um den Aufbau einer Superhetschaltung mit Transistoren zu zeigen, wird in Bild 307 die Schaltung des bekannten Transistor-Taschenempfängers „Sternchen“ wiedergegeben, den der VEB Stern-Radio Sonneberg entwickelte. Dieser Transistorsuper besteht aus einer selbstschwingenden Mischstufe (OC 872), dem zweistufigen ZF-Verstärker (2 · OC 871), der NF-Vorstufe (OC 811) und der Gegentakt-Endstufe (2 · OC 816). Der Eingangskreis mit der Ferritantenne ist über eine Spule an die Basis des Transistors OC 44 angekoppelt. Die Oszillatorschwingung wird zwischen Emitter und Kollektor erzeugt. Im Kollektorkreis liegt der erste einkreisige ZF-Kreis, die Basis des nächsten Transistors wird wieder über eine Ankoppelspule angeschlossen. Die Neutralisation der ZF-Stufen erfolgt über die Kondensatoren von 10 pF, die zur Basis des jeweiligen Transistors führen. Der erste ZF-Transistor wird geregelt, um Schwunderscheinungen beim Empfang von Fernsendern zu vermeiden. Zu diesem Zweck erhält die Basis ihre Vorspannung von der nach der Demodulation am Widerstand R 13 abfallenden Richtspannung.

Die NF-Vorstufe arbeitet mit der Parallelgegenkopplung als Treiberstufe für die Gegentakt-Endstufe. Die gegenphasige Steuerung der beiden Endstufentransistoren erfolgt

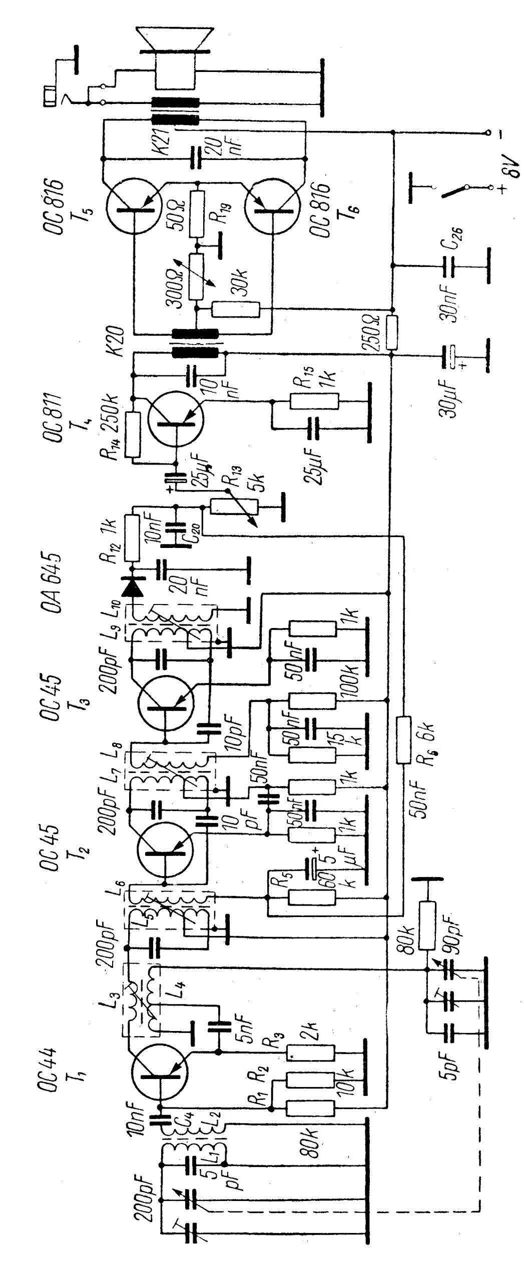


Bild 307. Schaltung des Transistor-Taschenempfängers „Sternchen" des VEB Stern-Radio Berlin

über einen Treiberübertrager, für den der Typ K 20 des VEB Funkwerk Leipzig verwendet wird. Als Ausgangsübertrager dient der Typ K 21 des gleichen Werkes. Die Gegentakt-Endstufe ist temperaturkompensiert durch einen NTC-Widerstand im Basisspannungsteiler (300 Ohm). Zur Stromversorgung dient eine 9-V-Spezialbatterie, die eine Betriebsdauer von etwa 50 Stunden zuläßt.
Die Weiterentwicklung des Transistor-Taschensupers „Sternchen", der nur für den Empfang des Mittelwellenbereiches konstruiert war, zeigt Bild 308. Es ist der vom VEB Stern-Radio Berlin gefertigte Taschenempfänger „T 101", der Empfang im Lang-, Mittel- und KW-Bereich ermöglicht. Vor allem als kombinierter Auto-Portable-Empfänger gedacht ist der Transistorsuper „Stern 4" des VEB Stern-Radio Rochlitz mit LW-, MW- und KW-Bereich. Der Empfänger verfügt über sieben Kreise und wird durch fünf Monozellen gespeist. Als Transistoren werden folgende Typen verwendet: OC 170, 2 · OC 871, OC 826, OC 825 und 2 · OC 825. Bild 309 vermittelt einen Eindruck von diesem Transistor-Koffersuper.
Eine vereinfachte Superhetschaltung für den Nachbau zeigt Bild 310. Die Schaltung besitzt vier Kreise und enthält vier Transistoren. Die Eingangsstufe arbeitet als selbstschwingende Mischstufe. Empfangen wird der Mittelwellenbereich, als ZF wurde eine Frequenz von 250 kHz gewählt. Die Eingangsspule befindet sich auf einem Ferritstab mit 10 mm Durchmesser und 140 mm Länge. Die Wicklung wird mit HF-Litze 20 · 0,07 ausgeführt.
Von der Spulenanzapfung gelangt das Signal über einen Kondensator von 10 nF an die Basis der Mischstufe. Die Basisvorspannung stellt man durch einen Spannungsteiler ein. Die Oszillatorspannung wird zwischen Kollektor und Emitter erzeugt. Die Ankopplung an diese Elektroden ist sehr lose, damit durch die sich ändernden Transistor-

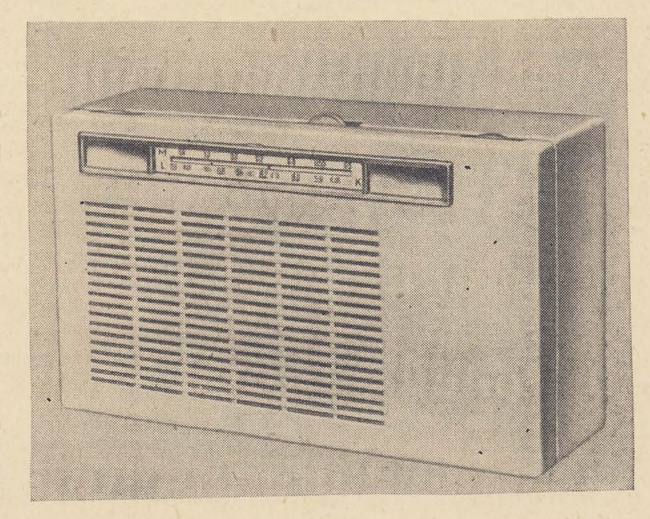


Bild 308. Transistor-Taschensuper „T 101" des VEB Stern-Radio Berlin mit LW-, MW- und KW-Bereich

werte keine Beeinflussung stattfindet. Den Drehkondensator des Oszillatorkreises muß man elektrisch so verkürzen, daß bei gemeinsamer Abstimmung mit dem Vorkreis eine Zwischenfrequenz von 250 kHz erzeugt wird.
Im Kollektorkreis des Transistors OC 872 liegt der erste ZF-Kreis. Die Ankopplung an die Basis des ZF-Transistors erfolgt über eine Kopplungsspule mit 20 Windungen. Die Basisvorspannung erzielt man über den Widerstand von 200 kOhm. Die nach der Demodulation entstehende Richtspannung legt man über den Widerstand von 10 kOhm an die Basis des ZF-Transistors und erhält so eine von der Richtspannung abhängige Schwundregelung. Die Diodenwicklung des zweiten ZF-Kreises besitzt 40 Windungen. Der Belastungswiderstand der Demodulatordiode wurde zur Lautstärkeregelung als Potentiometer ausgeführt. Die NF-Vorstufe arbeitet mit Parallelgegenkopplung, ebenso die Endstufe. Für die HF-Stufen wird die Betriebsspannung durch den Widerstand von 200 Ohm herabgesetzt. Zur Entkopplung muß man anschließend einen Elko vorsehen (25 μF).
Zur Stromversorgung werden zwei Stabbatterien von 3 V oder zwei Flachbatterien von 4,5 V verwendet. Für die Spulendaten folgende Hinweise: Die Eingangsspule L 1 wird auf einen Ferritstab von 10 mm Durchmesser und 100 mm Länge gewickelt mit HF-Litze 20 · 0,05. Die Windungszahl beträgt 55, die Anzapfung liegt an der fünften Windung von Masse aus gesehen. Für die Oszillatorspule wird ein kleiner HF-Kammerspulenkörper benutzt. Die Gesamtwindungszahl beträgt etwa 112 Windungen aus HF-Litze 20 · 0,05. Die Anzapfungen liegen bei der 5. und 14. Windung von Masse aus gesehen. Für die ZF-Kreise werden kleine Schalenkerne von 14 mm Durchmesser verwendet. Die Windungszahl für die Spulen L 3 und L 5 beträgt 190 Windungen aus

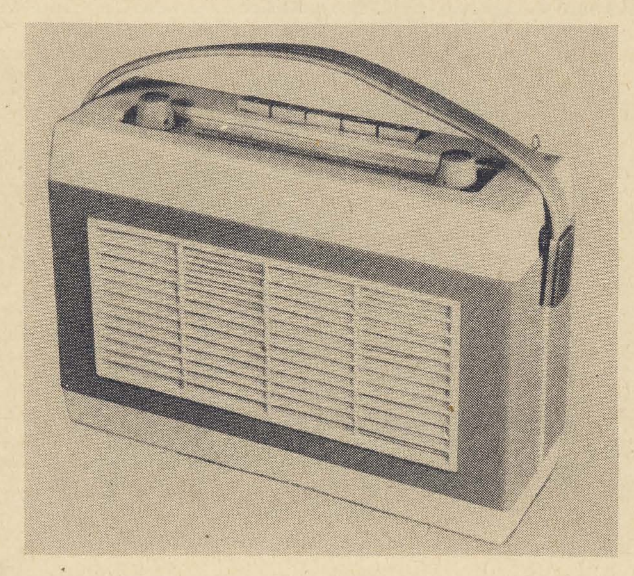


Bild 309. Ein kombinierter Auto-Portable-Empfänger ist der „Stern 4" des VEB Stern-Radio Rochlitz

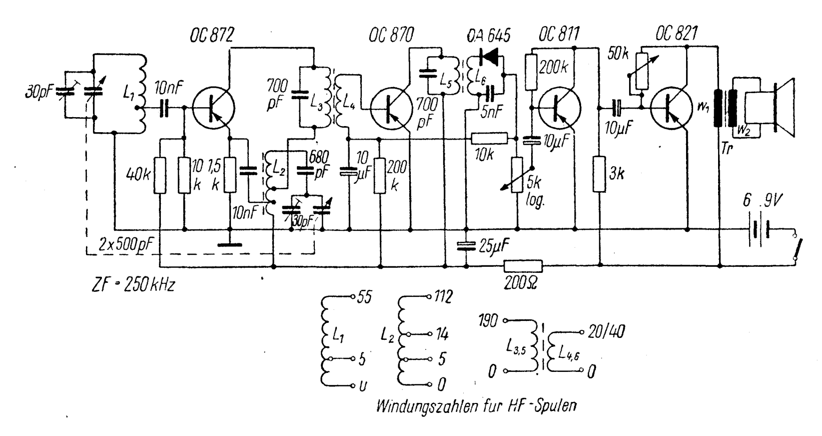


Bild 310. Einfache Superhetschaltung mit Transistoren

Kupferlackdraht, 0,1 mm Durchmesser. Die Ankopplungsspule L 4 besitzt 20 Windungen, die Spule L 6 40 Windungen aus Kupferlackdraht 0,1 mm Durchmesser. Der Ausgangsübertrager hat einen Kern M 30/7, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet. Die Windungszahl für w_1 beträgt 500 Windungen, CuL, 0,2 mm Durchmesser und für w_2 85 Windungen, CuL, 0,3 mm Durchmesser. Als Lautsprecher wird eine Kleinstausführung mit einem Korbdurchmesser von 65 mm Durchmesser verwendet.

Der Aufbau erfolgt auf einer Pertinaxplatte. Das Gehäuse kann man aus Sperrholz herstellen und anschließend mit Kunststoff bespannen. Schwierigkeiten wird eine kleine Ausführung des Zweigangdrehkos bereiten. Mit etwas handwerklichem Geschick ist es möglich, zwei flache Hartpapierdrehkondensatoren auf einer gemeinsamen Achse zu montieren.

2.7 Transistor-HF-Vorstufe mit Ferritantenne

Die Empfindlichkeit eines älteren Rundfunkempfängers kann man durch Vorsetzen einer HF-Vorstufe verbessern. Baut man dabei die Eingangsspule mit einer Ferritantenne auf, so ist damit auch die Antennenfrage geklärt. Da die Ferritantenne richtungsempfindlich ist, sollte man sie drehbar anordnen. Selbstverständlich kann für die HF-Stufe eine entsprechende Elektronenröhre verwendet werden. Aber wesentlich eleganter ist die Anwendung eines Transistors, der natürlich eine HF-Ausführung sein muß.

Bild 311 zeigt die Schaltung einer abstimmbaren Ferritantenne mit kapazitiver Ankopplung an die Basis des HF-Transistors. Den Arbeitswiderstand im Kollektorkreis bildet eine HF-Drossel, für die man einen mit dünnem Kupferlackdraht voll-

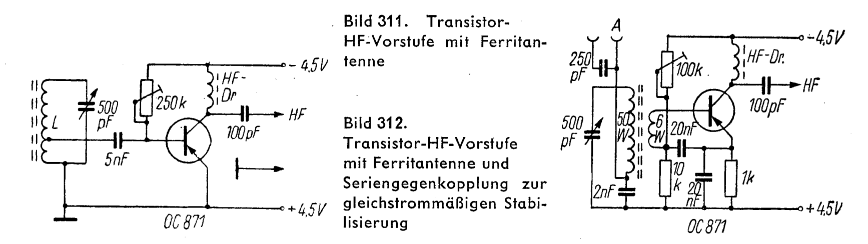


Bild 311. Transistor-HF-Vorstufe mit Ferritantenne

Bild 312. Transistor-HF-Vorstufe mit Ferritantenne und Seriengegenkopplung zur gleichstrommäßigen Stabilisierung

gewickelten HF-Spulenkörper benutzt. Die Auskopplung an den Antenneneingang des nachgeschalteten Rundfunkempfängers erfolgt über den Kondensator von 100 pF. Zur Stromversorgung wird eine Flachbatterie von 4,5 V verwendet. Die Richtwirkung der Ferritantenne kann man verbessern, wenn man diese statisch abschirmt.

Die Schaltung nach Bild 312 arbeitet mit der Seriengegenkopplung zur Stabilisierung. Der Kondensator von 20 nF zwischen Emitter und Basis verhindert den gleichstrommäßigen Kurzschluß des Basisspannungsteilers. Zwei Anschlüsse für eine Außenantenne sind vorgesehen. Im übrigen gelten die gleichen Hinweise wie zu Bild 311.

3. SCHALTUNGEN FÜR DEN FUNKAMATEUR

3.1 Tongeneratoren zum Morsen

Für den Morseunterricht oder für Morse-Übungszwecke benötigt man einen Tongenerator. Mit Hilfe von Transistoren lassen sich dabei kleine, universell verwendbare Geräte aufbauen. Schaltungen dafür gibt es in großer Auswahl.

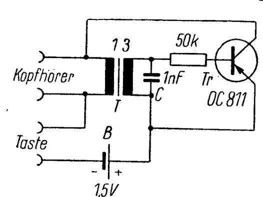
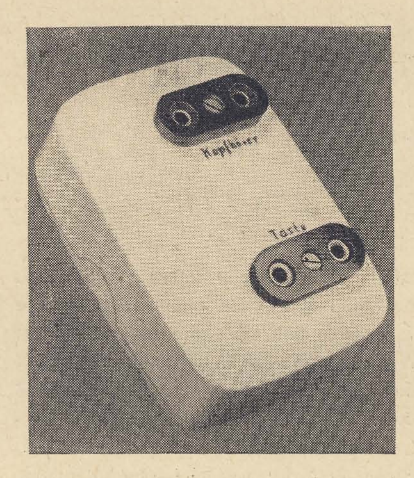
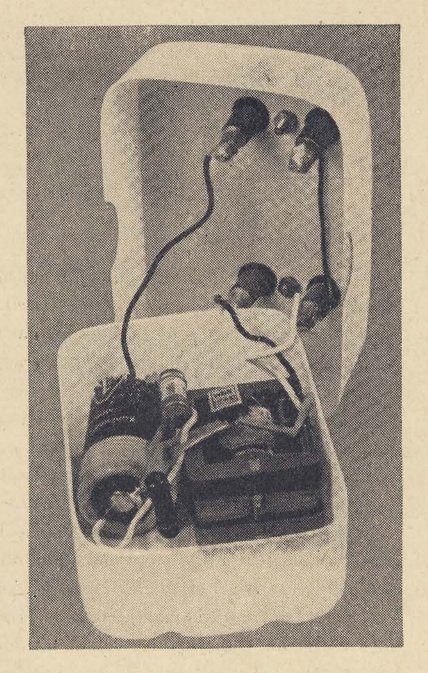


Bild 313. Schaltung eines Transistor-Tongenerators mit LC-Schwingungskreis

Bild 313 zeigt die Schaltung für einen Tongenerator mit LC-Kreis. Der frequenzbestimmende Schwingungskreis liegt an der Basis des Transistors. Mit den Werten von R und C läßt sich die Tonhöhe beeinflussen. Die Rückkopplungswicklung liegt im Kollektorkreis. Parallel zur Rückkopplungswicklung wird der Kopfhörer angeordnet. Die Taste unterbricht die Leitung zwischen Kollektor und Minuspol der Batterie. Zur Stromversorgung wird eine Stabbatterie von 1,5 V verwendet. Als Transistor ist jeder NF-Vorstufen-Transistor brauchbar. Sollte die Schaltung nicht schwingen, so muß man eventuell die Rückkopplungswicklung umpolen. Bild 314 und Bild 315 zeigen den Aufbau des Transistor-Tongenerators in einer Kunststoff-Seifenschachtel. Für die Anschlüsse von Kopfhörer und Morsetaste werden Doppelbuchsen verwendet. Es können





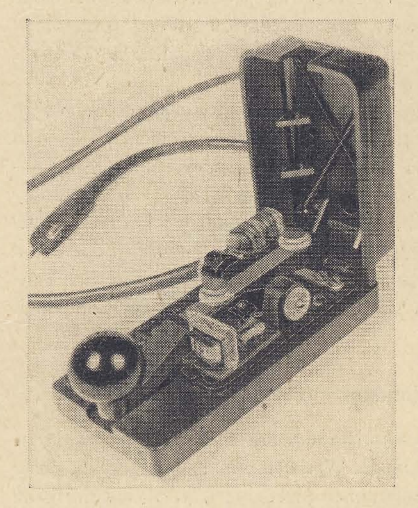


Bild 314 (links oben). Der Transistor-Tongenerator kann in eine Kunststoff-Seifenschachtel eingebaut werden

Bild 315 (rechts oben). In der geöffneten Seifenschachtel sind die Einzelteile des Transistor-Tongenerators zu erkennen

Bild 316. Bei geschicktem Aufbau kann der Transistor-Tongenerator auch in einer Morsetaste untergebracht werden

allerdings auch einzelne Telefonbuchsen benutzt werden. Der Schwingkreistrafo besitzt einen Kern M 30, wechselseitig geschichtet. Die Schwingkreisspule hat 1500 Wdg., CuL, 0,1 mm Durchmesser. Die Rückkopplungswicklung besteht aus 500 Wdg., CuL, 0,1 mm Durchmesser.

Verwendet man für den Transformator den Ausgangsübertrager K 21 des Sternchen-Empfängers, so läßt sich bei geschicktem Aufbau der Transistor-Tongenerator mit der Stromversorgung in der Morsetaste selbst unterbringen (siehe Bild 316). Als Stromversorgung dienen einige Zellen einer Hörhilfe-Anodenbatterie von 22,5 V.

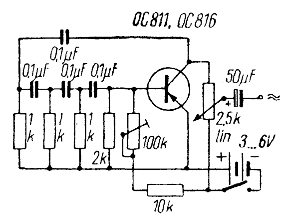


Bild 317. Schaltung eines Transistor-Tongenerators mit RC-Phasenkette

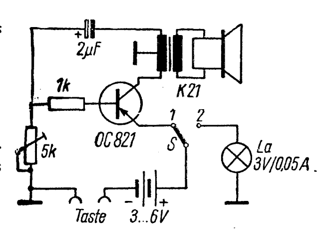


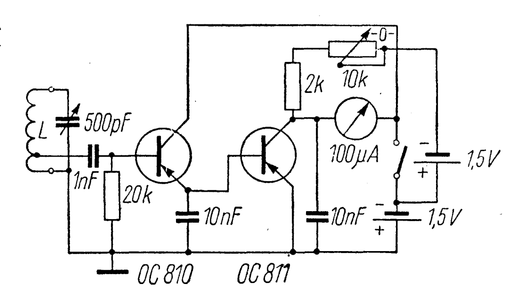
Bild 318. Transistor-Tongenerator mit Lautsprecher, umschaltbar als Durchgangsprüfer

Eine Tongeneratorschaltung ohne die Verwendung eines Transformators zeigt Bild 317. Dieser Tongenerator arbeitet in RC-Schaltung mit einer Phasenschieberkette. Mit den angegebenen Werten schwingt die Schaltung bei etwa 1000 Hz und erzeugt einen fast reinen Sinuston. Die Basisvorspannung wird durch einen Spannungsteiler eingestellt. Der Widerstand von 100 kOhm ist ein Trimmwiderstand, der so eingeregelt wird, daß die Schaltung schwingt. Sollte trotz einwandfreien Aufbaues die Schaltung nicht schwingen, so reicht der Stromverstärkungsfaktor zur Anfachung der Schwingung nicht aus, und es muß ein anderer Transistor höherer Stromverstärkung verwendet werden. Der Kollektorwiderstand wurde als Potentiometer zur Lautstärkeregelung ausgeführt. Über einen Elko von 50µF kann man die Tonfrequenzspannung regelbar entnehmen. Zur Stromversorgung genügt eine Spannung von 3 bis 6 V.
Bild 318 zeigt die Schaltung für einen Morsetongenerator mit dem Ausgangsübertrager K 21 (VEB Funkwerk Leipzig) und dem Transistor OC 821. Die Morsezeichen hört man über einen im Gehäuse des Tongenerators angeordneten Lautsprecher (Sternchen-Lautsprecher) ab. Mit dem Trimmpotentiometer von 5 kOhm wird ein verzerrungsfreier Ton eingestellt. Durch eine Umschaltung des Kippumschalters S kann der Tastanschluß als niederohmiger Durchgangsprüfer dienen. Die Anzeige erfolgt durch die eingebaute kleine Glühbirne 3 V/0,05 A bei einer 3-V-Batterie. Wird für den Tongenerator eine Batterie von 6 V benutzt, so muß selbstverständlich ein 6-V-Lämpchen benutzt werden.

3.2 Empfindlicher Absorptionsfrequenzmesser

Die in der Amateurpraxis viel verwendeten Absorptionsfrequenzmesser zur Frequenzbestimmung arbeiten nach der passiven Methode. Wenn sie keine Verstärkerbauteile enthalten, muß eine bestimmte Energie aufgenommen (absorbiert) werden, damit eine Resonanzanzeige möglich ist. Mit Hilfe von Transistoren ist es auf eine verhältnismäßig einfache Weise möglich, die aufgenommene Energie möglichst kleinzuhalten. Dadurch erfährt das Meßobjekt nur eine sehr geringe Belastung.
Bild 319 zeigt eine Schaltung für einen empfindlichen Absorptionsfrequenzmesser. Der frequenzbestimmende Schwingungskreis enthält eine Steckspule für den jeweils interessierenden Frequenzbereich. Durch die Spulenanzapfung wird eine Anpassung an den niederohmigen Transistoreingang erreicht. Da die Basis des ersten Transistors keine Basisspannung erhält, arbeitet der Eingangstransistor als Demodulatordiode. Am Emitter ist die Basis des zweiten Transistors angeschlossen. Im Kollektorkreis des

Bild 319. Schaltung für einen empfindlichen Absorptionsfrequenzmesser mit Transistor-Anzeigeschaltung



zweiten Transistors liegt in einer kompensierbaren Brückenschaltung das Anzeigeinstrument für den Resonanzzustand. Eine Kompensation ist wegen dem auftretenden Kollektorreststrom erforderlich. Bei Resonanz steigt die HF-Spannung im Schwingungskreis an, die Folge ist ein entsprechendes Ansteigen des Emitterstromes des ersten Transistors. Da die Emitterspannung gleichzeitig die Steuerspannung für die Basis des zweiten Transistors darstellt, erfolgt entsprechend dem Stromverstärkungsfaktor dieses Transistors eine starke Änderung des Kollektorstromes. Die Brücke wird aus dem Gleichgewicht gebracht, und am Anzeigeinstrument erfolgt ein entsprechender Ausschlag.

Zur Stromversorgung nimmt man zwei Gnomzellen von 1,5 V oder eine Stabbatterie von 3 V, die je aus zwei 1,5-V-Elementen besteht. Mit dem Potentiometer von 10 kOhm wird vor der Messung der Nullpunkt eingestellt. Die Empfindlichkeit der Schaltung ist abhängig von der Stromempfindlichkeit des Anzeigeinstrumentes und von der Größe des Stromverstärkungsfaktors. Für die interessierenden Frequenzbereiche kann die Windungszahl der Steckspulen nach den im Teil I dieses Buches angegebenen Formeln berechnet werden. Der Einbau erfolgt in ein kleines, passendes Kästchen aus Holz oder Kunststoff.

3.3 Einfacher Feldstärkemesser

Für die Abstimmung eines Senders oder das Ausprobieren von Antennen ist ein Feldstärkemesser eine große Hilfe. Da ein solches Gerät transportabel sein soll, empfiehlt sich die Anwendung einer Transistorschaltung. Die Schaltung in Bild 320 entspricht der nach Bild 319. Nur nimmt man zur Gleichrichtung der HF-Spannung eine Germaniumdiode. Für die Kompensationsspannung wird keine besondere Batterie benutzt, sondern man erhält die zwei Betriebsspannungen aus einem Spannungsteiler von zweimal 500 Ohm. Mit dem Potentiometer wird der Nullpunkt eingestellt. Für Feldstärkemessungen braucht der Schwingungskreis nicht abstimmbar zu sein, es reichen Schwingungskreise, die auf Bandmitte eingestellt sind. Für einfache, orientierende Feldstärkemessungen genügt an Stelle des Schwingungskreises auch eine HF-Drossel von 2,5 mH. Am Schwingungskreis wird eine Telefonbuchse angeschlossen, auf die eine Stabantenne von etwa 2 mm CuL aufgesteckt werden kann. Die Länge ist

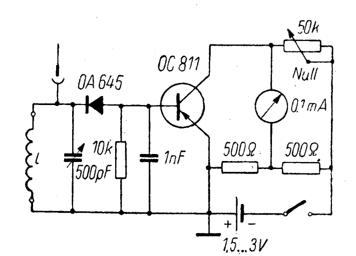


Bild 320. Schaltung für einen empfindlichen Feldstärkemesser

im KW-Bereich unkritisch, sie sollte etwa 1 bis 2 m betragen. Zur Stromversorgung dient eine Batterie von 1,5 bis 3 V. Der Einbau kann in ein kleines Gehäuse erfolgen. Zur Messung wird das Gerät in die Nähe des KW-Senders gestellt. Prinzipiell ist die Schaltung bis in das 2-m-Band brauchbar. Die Empfindlichkeit hängt ab vom verwendeten Meßinstrument und vom Stromverstärkungsfaktor des Transistors. Möglich ist auch der Einbau in einen alten Bandfilter-Abschirmbecher. Mit einer Steckvorrichtung kann man diesen an einem Vielfachmeßinstrument anbringen und das Meßwerk gleich zur Anzeige ausnutzen.

3.4 Einfaches Grid-Dip-Meter mit Transistor

Für den Funkamateur ist das Grid-Dip-Meter ein universelles Meßgerät. Durch die Anwendung von Transistoren kann es besonders handlich aufgebaut werden. Wir wollen hier eine Schaltung zeigen, obwohl eine besonders günstige Lösung erst beim Vorhandensein von KW- und UKW-Transistoren möglich ist. Mit dem Transistor OC 872 kommt man etwa bis 7 MHz, was für viele Zwecke schon ausreicht.
Bild 321 zeigt die Schaltung. Der linke Teil stellt den Oszillator dar, der rechte die Anzeigeschaltung. Der Oszillator-Transistor arbeitet in der Basisschaltung. Der frequenzbestimmende Schwingungskreis liegt am Kollektor. Die Rückkopplung auf die Emitterelektrode erfolgt durch den Kondensator von 25 pF. Die vom Oszillator erzeugte Schwingspannung wird durch eine Anzeigeschaltung angezeigt. Zu diesem Zweck wird sie über den Kondensator von 10 pF ausgekoppelt und anschließend gleichgerichtet. Die entstehende Gleichspannung steuert die Basis des Transistors, in

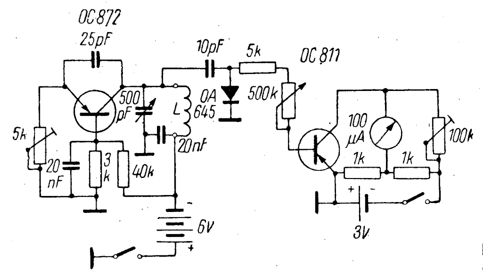


Bild 321. Schaltung eines Grid-Dip-Meters mit Transistorbestückung

dessen Kollektorstromkreis die kompensierte Anzeigeschaltung liegt. Zur Empfindlichkeitsregelung dient das Potentiometer von 500 kOhm. Der Nullpunkt des Meßinstrumentes kann mit dem Potentiometer von 100 kOhm eingestellt werden.
Führt man an passiven Schwingungskreisen Messungen durch, so wird aus dem Oszillator Energie entzogen, und die angezeigte Schwingspannung geht zurück. Bei Messungen an aktiven Schwingungskreisen wird zusätzlich Energie aufgenommen, die Anzeige am Meßinstrument steigt daher an. Für den Oszillator- und den Anzeigeteil verwendet man getrennte Batterien. Dabei genügt für den Oszillator eine Betriebsspannung von 6 V, für den Anzeigeteil eine Spannung von 1,5 bis 3 V. Die Schwingkreisspule wird, wie beim Grid-Dip-Meter üblich, als Suchspule auf dem Gehäuse aufgebaut. Die Werte dafür richten sich bei Verwendung des Transistors OC 872 nach dem interessierenden Frequenzbereich unterhalb etwa 7 MHz.

3.5 Einfacher Fuchsjagd-Peilempfänger für 80 m

Um eine Massenbeteiligung bei Fuchsjagden zu erreichen und den Nachbau für den Anfänger zu vereinfachen, wurde ein einfacher Fuchsjagdempfänger entwickelt. Dabei ging man von dem Gedanken aus, daß bei Verwendung eines leistungsstarken Senders der Peilempfänger nicht besonders empfindlich zu sein braucht. Ist die Leistung des Fuchssenders etwa 50 bis 100 W und der Startplatz der Fuchsjäger nicht mehr als 2 km vom Sender entfernt, so genügt der beschriebene Empfänger. Hat der Anfänger dann Erfahrungen gesammelt, ist er an den Klubstationen der GST tiefer in das Gebiet der Funktechnik eingedrungen, so kann dann später auch ein empfindlicher Peilempfänger gebaut werden.
Der beschriebene Peilempfänger besteht aus einem Diodendetektor für das 80-m-Band und einem nachgeschalteten zweistufigen Niederfrequenzverstärker mit Transistoren. Gegenüber Batterieröhren wird die Stromversorgung wesentlich einfacher, da man nur eine gewöhnliche Taschenlampenbatterie braucht. Bild 322 zeigt den Diodenempfangsteil mit Rahmenantenne, Abstimmdrehkondensator, Germaniumdiode, Arbeitswiderstand und Siebkondensator. Die Maße für die Rahmenantenne gibt Bild 323 wieder. Das Holzkreuz besteht aus zwei Holzleisten mit einem Querschnitt von 12 · 3 mm. Eine Holzleiste ist 410 mm und die andere 510 mm lang. Für die Drahtführung werden an drei Enden Schlitze von 5 mm Tiefe angebracht. Am unteren Ende des Holzkreuzes führt man den Draht durch eine Bohrung von 4 mm Durchmesser. Es sind als Rahmenantenne 5 Windungen Kupferlackdraht von 0,2 bis 0,4 mm Stärke aufzubringen. Die Verbindung der Holzleisten erfolgt in der Mitte durch zwei Schlitze von 6 mm Tiefe und 3 mm Breite. Wenn die beiden Holzleisten dann ineinanderstecken, klebt man mit Holzleim oder Duosan und bringt anschließend die Rahmenantenne auf.

Der als Abstimmdrehkondensator verwendete keramische Trimmer, z. B. Hescho Ko 2497, wird mit etwas Vaseline oder feinem Öl leicht gängig gemacht. Die Abstimmung kann mit Hilfe eines Schraubenziehers erfolgen, ist aber unbequem. Besser lötet man auf die Stellschraube eine Messingachse auf (6 mm Durchmesser und 25 mm lang). Der Abstimmkondensator soll einen Kapazitätsbereich von etwa 10 bis 30 pF

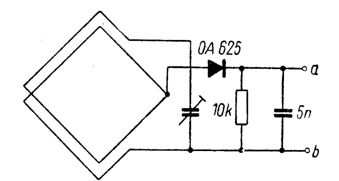
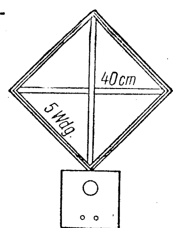


Bild 322. Schaltung des HF-Teiles des einfachen Fuchsjagdempfängers

Bild 323. Maßskizze für die Rahmenantenne des Fuchsjagdempfängers



haben. Die Germanium-Diode, z. B. OA 625, liegt an der 3. bzw. 4. Windung der Rahmenantenne. Der Kondensator von 5 nF dient als Kurzschluß für restliche HF-Spannungen.
Bild 324 zeigt die Schaltung des Verstärkerteiles. Über den Niedervolt-Elektrolytkondensator von 4 μF steuert die vom Diodenteil kommende Niederfrequenz die Basis des ersten Transistors. Der Arbeitswiderstand im Kollektorkreis beträgt 5 kOhm. Nach der Verstärkung im zweiten Transistor wird die Modulation des Fuchssenders im Kopfhörer hörbar, der im Kollektorkreis des zweiten Transistors liegt. Die Emitterelektroden sind auf Massepotential. Die Basisvorspannungen werden durch die beiden Widerstände von 100 kOhm erzeugt, die zwischen Basis und Kollektor liegen. Die Stromversorgung erfolgt durch eine Taschenlampen-Stabbatterie von 3 V. Die angegebene Polarität ist unbedingt einzuhalten, da die Transistoren hierfür sehr empfindlich sind. Der Pluspol ist der kleine Messingkontakt. Als Transistoren verwendet man, wie angegeben, 2 · OC 811 oder auch OC 812 und OC 811. Der erste Basisvorwiderstand kann auch 250 kOhm betragen. Der Kopfhörer ist eine normale Ausführung. Um die Nebengeräusche beim Empfang zu verringern, sind Kopfhörer mit Gummimuscheln vorteilhafter.
Alle Bauelemente montieren wir auf einer kleinen etwa 2 bis 3 mm starken Pertinaxplatte. Anschließend wird der gesamte Empfänger in einer Seifendose aus Plastwerkstoff untergebracht. Die einzelnen Bauelemente sind auf der Pertinaxplatte nebeneinander angeordnet, ihre Anschlußdrähte jeweils durch zwei Bohrungen hindurchgeführt. Die beiden Transistoren werden darüber angebracht und ihre Anschlußdrähte durch jeweils drei Bohrungen geführt. Die Batterie befestigen wir ebenfalls auf der Bauelementeseite. Sie kann fest eingelötet werden, weil der Stromverbrauch sehr minimal ist. In die Seifendose führen nur die drei Anschlüsse der Rahmenantenne. Nach außen liegen noch der Drehknopf des Trimmers und die Doppelbuchse für den Kopfhörer. Nach der Fertigstellung wird die Seifendose am unteren Ende des Holz-

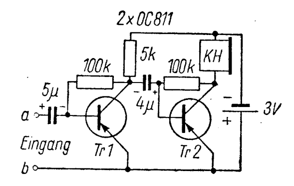


Bild 324. Schaltung des NF-Verstärkers des Fuchsjagdempfängers

kreuzes mit zwei Schrauben befestigt. Ist bei der Fuchsjagd auch eine Seitenbestimmung durchzuführen, so muß vor dem Rahmen noch eine Telefonbuchse für eine Stabantenne angebracht werden, am besten an einem kurzen Querholz. Diese Buchse liegt über einem Widerstand von 10 kOhm am oberen Trimmerende.

3.6 Transistor-KW-Empfänger für 80 m

Die Schaltung nach Bild 325 besteht aus einer Audionstufe und einem zweistufigem NF-Verstärker für Kopfhörerempfang. Die Schwingkreisspule wird mit Kupferlackdraht von 0,3 mm Durchmesser auf einen HF-Kammerspulenkörper gewickelt. Die Windungszahlen für das 80-m-Band sind im Schaltbild angegeben. Die Grenzfrequenz des Transistors OC 872 liegt bei etwa 7 MHz. Im 80-m-Band wird noch eine einwandfreie Rückkopplung erzielt. Auf dem 40-m-Band gelingt das nur bei ausgesuchten Exemplaren, deren Grenzfrequenz höher ist. Wesentlich bessere Ergebnisse sind allerdings erst zu erzielen, wenn diffusionslegierte HF-Transistoren mit wesentlich höheren Grenzfrequenzen vorliegen.

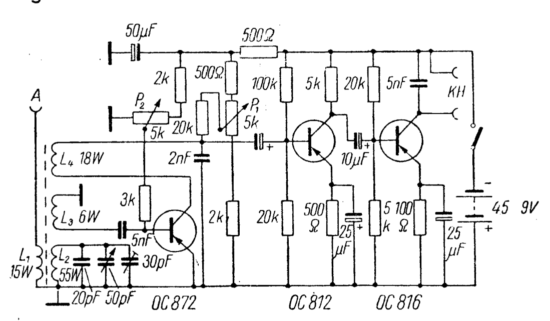


Bild 325. Schaltung für einen KW-Empfänger mit Transistoren

Der NF-Verstärker weist keine Besonderheiten auf, er arbeitet mit Seriengegenkopplung in beiden Stufen. Zur Audionstufe ist noch folgendes zu sagen: Die Antennenankopplung erfolgt induktiv. Auch die Basiselektrode wird induktiv an den Schwingungskreis angekoppelt. Die Regelung der Rückkopplung erfolgt durch die Änderung der Kollektorspannung mit dem Potentiometer P 1. Das Potentiometer P 2, mit dem man die Basisvorspannung einstellt, wird auf eine verzerrungsfreie Gleichrichtung des HF-Signales eingeregelt.

4. SCHALTUNGEN FÜR PRÜFGERÄTE

4.1 Einfacher Transistorprüfer

Für die Beurteilung eines Transistors interessieren den Amateur zwei Werte, der Kollektorreststrom I_{KEO} und der Stromverstärkungsfaktor β. Der Stromverstärkungsfaktor β in der Emitterschaltung ist definiert als

$$\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{I_K - I_{KEO}}{I_B - O} = \frac{I_K - I_{KEO}}{I_B}.$$

Für die Berechnung des Stromverstärkungsfaktors β sind demnach folgende Messungen notwendig

a) Messung des Kollektorreststromes I_{KEO} bei offener Basis ($I_B = O$)
b) Messung des Kollektorstromes I_K bei einem bestimmten Basisstrom I_B.

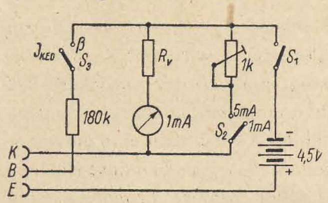


Bild 326. Schaltung für einen einfachen Transistorprüfer

Eine Schaltung, mit der man diese Messungen durchführt, zeigt Bild 326. Zur Messung des Kollektorreststromes wird der Schalter S 1 geschlossen, die Schalter S 2 sowie S 3 bleiben offen. Der angezeigte Kollektorreststrom sei 0,5 mA. Dann werden die beiden Schalter S 2 und S 3 zusätzlich geschlossen. Dabei liegt dann die Basis über einen Widerstand von 180 kOhm an der Betriebsspannung von 4,5 V. Der dadurch erzeugte Basisstrom ist

$$I_B = \frac{U}{R} = \frac{4{,}5\,\text{V}}{180\,\text{k}\Omega} = 0{,}025\,\text{mA} = 25\,\mu\text{A}.$$

Als Kollektorstrom werde bei diesem Basisstrom angezeigt $I_K = 2{,}5$ mA. Dann erhält man einen Stromverstärkungsfaktor von

$$\beta = \frac{I_K - I_{KEO}}{I_B} = \frac{2{,}5\,\text{mA} - 0{,}5\,\text{mA}}{0{,}025\,\text{mA}} = \frac{2{,}0}{0{,}025} = \underline{\underline{80.}}$$

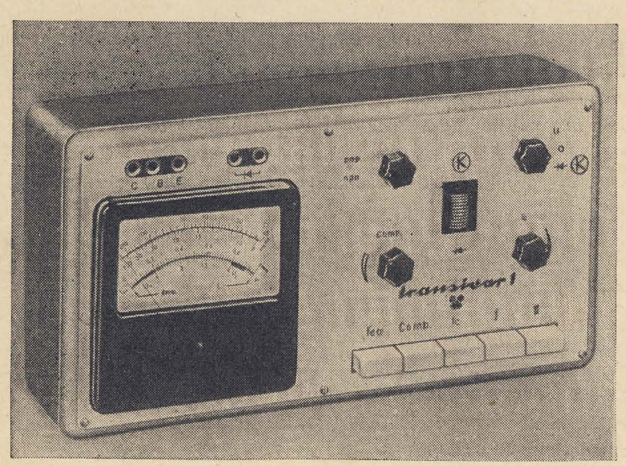


Bild 327. Transistor-Prüfgerät „Transivar 1" des VEB Funkwerk Erfurt

Der Transistorprüfer kann mit seinen wenigen Bauteilen in einem kleinen Gehäuse aus Holz oder Kunststoff eingebaut werden. Das verwendete Meßinstrument soll einen Endausschlag von 1 mA besitzen. Für die Kollektorstrommessung wird durch den Schalter S 2 das Meßinstrument auf einen Endausschlag von 5 mA geshuntet. Zur Stromversorgung benutzt man eine Taschenlampen-Flachbatterie von 4,5 V. Der Anschluß des zu messenden Transistors erfolgt über drei Klemmschrauben.
Mit der gezeigten Schaltung des Transistorprüfers können Transistoren des pnp-Typs gemessen werden (also alle DDR-Typen). Zur Messung von Transistoren des npn-Typs (Transistoren der ČSSR) müssen Batterie und Instrument umgepolt werden. Bild 327 zeigt das Transistorprüfgerät „Transivar 1“ des VEB Funkwerk Erfurt, mit dem man Transistoren für die Kleinsignalverstärkung mißt.

4.2 Transistor-Voltmeter

Zur hochohmigen (belastungslosen) Messung von Spannungen benutzt man gewöhnlich Röhrenvoltmeter. Solche Schaltungen lassen sich aber auch mit Transistoren verwirklichen. Der Vorteil dabei ist, daß man keinen Netzanschluß braucht und das Voltmeter leicht und klein aufgebaut werden kann.
Bild 328 zeigt die Schaltung für ein einfaches Transistor-Voltmeter zur Gleichspannungsmessung. Der Eingangswiderstand ist etwa 150 kOhm/V. Durch die Umschaltung der Vorwiderstände ergeben sich die Meßbereiche 1 V, 10 V und 100 V. Der Transistor arbeitet als Gleichstromverstärker. Das Anzeige-Meßinstrument liegt in einer Brückenschaltung im Kollektorkreis des Transistors. Mit dem parallel zum Meßwerk liegenden Trimmwiderstand von 10 kOhm wird im Meßbereich von 1 V auf Endausschlag eingestellt. Sind die Werte der Vorwiderstände in Ordnung (etwa 1 Prozent Toleranz), so stimmt die Skaleneichung auch in den anderen Meßbereichen.

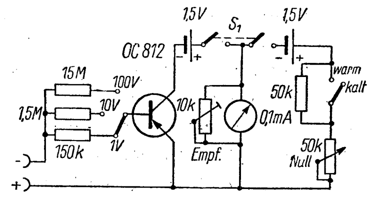


Bild 328. Schaltung für einen Transistor-Gleichspannungsvoltmeter

Da keine besondere Temperaturkompensation vorgesehen ist, muß vor jeder Messung der Zeiger des Meßwertes auf den Skalenwert Null eingestellt werden. Das geschieht mit Hilfe des Potentiometers von 50 kOhm. Reicht bei einer größeren Temperaturerhöhung der Regelbereich nicht aus, so schließt man den Vorwiderstand vor dem Potentiometer durch einen Kippschalter S 2 kurz. Zur Stromversorgung dienen zwei Monozellen von je 1,5 V. Durch einen zweipoligen Kippschalter S 1 können die Batterien abgeschaltet werden. Die Bauteile des Transistor-Voltmeters befestigt man auf einer Pertinaxplatte und setzt sie dann in ein passendes Gehäuse ein.

4.3 Transistor-Multivibrator

Die Multivibratorschaltung wird in der Elektronik sehr vielseitig angewendet. Der Amateur benutzt diese Schaltung gern als universellen Signalgeber, da sie sehr oberwellenreich ist. Bei geeigneter Dimensionierung reichen die Oberwellen bis in den KW-Bereich. Nähere Ausführungen zum Multivibrator in seiner Anwendung zur Signalzuführung siehe Teil II, Kapitel 6.7, dieses Buches.

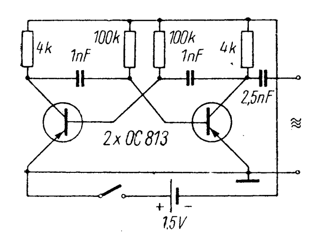


Bild 329. Multivibratorschaltung mit zwei Transistoren

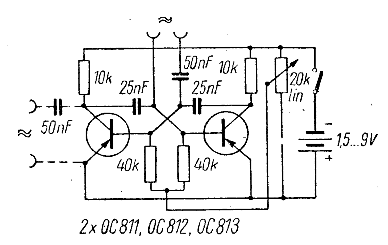


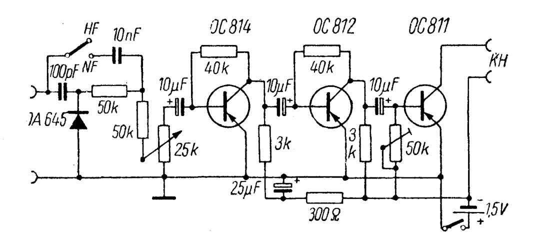
Bild 330. Transistor-Multivibrator-Schaltung mit Frequenzregelung

Multivibrator-Schaltungen mit Transistoren sind ähnlich aufgebaut wie entsprechende Röhrenschaltungen. Bild 329 zeigt eine Schaltung für einen mit Transistoren bestückten Multivibrator, dessen Grundfrequenz bei etwa 10 kHz liegt. Die Oberwellen reichen bis in das KW-Gebiet. Neben zwei Transistoren, drei Kondensatoren und vier Widerständen wird für den Multivibrator nur noch eine Batterie von 1,5 V benötigt. Diese wenigen Bauteile lassen sich bequem in einem Bandfilterbecher unterbringen, so daß der Multivibrator in Form eines Tastkopfes aufgebaut werden kann. Eine andere Möglichkeit ist der Aufbau in Form eines Prüfstiftes. Bei der Prüfung eines Rundfunkempfängers tastet man dann mit diesem Prüfstift die Steuergitter der Verstärkerröhren an und hört im Lautsprecher den Ton ab. Die Auskopplung des Multivibratorsignales nimmt man über eine Kapazität an einer Kollektorelektrode vor. Da die Grundfrequenz des Multivibrators meist im Tonfrequenzbereich liegt, kann man diese Schaltung auch als Tongenerator zur Morseausbildung verwenden. Bild 330 zeigt eine Schaltung, deren Grundfrequenz etwa 1000 Hz ist. Da die Basisvorspannung durch das Potentiometer von 20 kOhm geregelt werden kann, läßt sich die Frequenz ändern. Die Auskopplung der Tonfrequenz kann an einer Kollektor-Elektrode erfolgen oder auch an der Basis. Verwendet werden können in dieser Schaltung alle NF-Transistoren. Die Schaltung arbeitet bereits mit einer Betriebsspannung von 1,5 V. Für die Erzielung einer größeren Lautstärke empfiehlt sich die Anwendung einer höheren Spannung.

4.4 Transistor-Signalverfolger

Die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten des Signalverfolgers wurden bereits in Teil II, Kapitel 6.8, beschrieben. Da der Signalverfolger nichts anderes ist als ein NF-Verstärker, kann er auch mit Transistoren aufgebaut werden. Bild 331 zeigt eine dafür geeignete Schaltung. Es handelt sich um einen dreistufigen Transistorverstärker, der

Bild 331. Schaltung für einen Transistor-Signalverfolger



einen für HF und NF umschaltbaren Eingang besitzt. Am Ausgang kann man einen Kopfhörer anschließen. Soll der Transistor-Signalverfolger mit einem Lautsprecher arbeiten, so muß die dritte Transistorstufe als Treiberstufe arbeiten und eine Gegentakt-Endstufe angeschlossen werden.

Die Diodenschaltung im Eingang des Signalverfolgers dient zur Gleichrichtung bei HF-Signalen, da ja der Verstärkerteil nur Niederfrequenz verarbeiten kann. Sollen NF-Signale verarbeitet werden, so ist durch den Umschalter im Eingang der Diodenteil zu überbrücken und das Signal über den Kondensator von 10 nF an den Eingang des Verstärkers zu legen. Vor der Basis des ersten Transistors liegt der Lautstärkeregler. Durch die große Verstärkung müssen rauscharme Transistoren verwendet werden. Für die Eingangsstufe empfiehlt sich deshalb der Transistor OC 814. Nimmt man Miniaturbauelemente, dann kann man den Signalverfolger in Form eines Tastkopfes aufbauen. Als Gehäuse empfiehlt sich der Abschirmbecher eines Bandfilters. Die Impedanz des Kopfhörers soll etwa 1000 Ohm betragen. Bei der Reparatur eines Rundfunkempfängers tastet man mit dem Signalverfolger die einzelnen Stufen, bei der Antenne beginnend, ab. Solange mit dem Signalverfolger noch von der Antenne kommende Signale abgehört werden, sind die Empfängerstufen in Ordnung. Erst wenn der Empfang aussetzt, ist die zuletzt abgetastete Stufe näher zu untersuchen.

4.5 Einfacher Prüfgenerator

Mit dem HF-Transistor OC 872 läßt sich bereits ein einfacher Prüfgenerator verwirklichen, den man zum Abgleich der Zwischenfrequenz sowie der Lang- und Mittelwelle eines Rundfunkempfängers verwenden kann. Für den Aufbau des Transistor-Prüfgenerators sollten, um Rückwirkungen zu vermeiden, zwei Stufen vorgesehen werden. In der ersten Stufe wird die HF-Schwingung erzeugt, in der zweiten erfolgt die Modulation und die HF-Auskopplung.

Bild 332 zeigt die Schaltung für einen Transistor-Prüfgenerator. Die Schwingungserzeugung erfolgt zwischen Kollektor und Emitter. Dabei muß die Ankopplung sehr lose sein, damit sich die ändernden Transistor-Kennwerte nicht als Frequenzänderung auswirken. Die Rückkopplungsspule liegt im Kollektorkreis, die Emitterelektrode an einer Anzapfung der Schwingkreisspule. Die Basiselektrode erhält ihre Vorspannung über einen Spannungsteiler. Am Kollektor wird über einen Kondensator von 50 pF die HF ausgekoppelt und einer zweiten Transistorstufe mit HF-Transistor zugeführt.

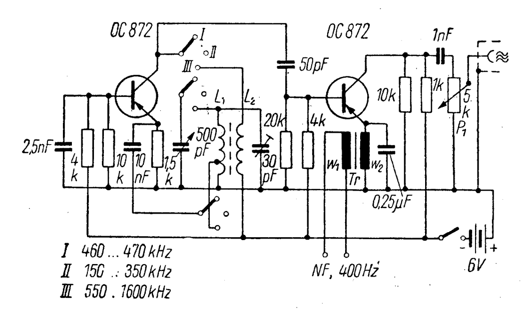


Bild 332. Schaltung für einen einfachen Transistor-Prüfgenerator

Im Emitterkreis speist man über einen NF-Übertrager eine NF-Spannung zur Modulation ein. Diese NF-Spannung kann ebenfalls mit einer Transistor-Schaltung verwirklicht werden. Im Kollektorkreis liegt ein Potentiometer, das zur Regelung der abgegebenen HF-Spannung dient.

Mit einem Drehkondensator von 500 pF werden mit drei umschaltbaren Spulen folgende Frequenzbereiche erfaßt:

I 450 kHz bis 480 kHz,
II 150 kHz bis 400 kHz,
III 500 kHz bis 1600 kHz.

Für die benötigten Spulen braucht man etwa folgende Induktivitätswerte:

	L_1	L_2	Serien-C	Parallel-C
Zwischenfrequenz	0,4 mH	0,15 mH	70 pF	200 pF
Langwelle	2 mH	0,6 mH	—	Trimmer
Mittelwelle	0,2 mH	0,07 mH	—	Trimmer

Die Anzapfung für die Emitterelektrode liegt jeweils an der 15. Windung, vom unteren Ende der Spule aus gerechnet. Für den Modulationsübertrager wird ein Kern M 30 verwendet. Für die Windungszahlen gelten etwa folgende Angaben:

Kern M 30, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet,
w_1 = 2800 Wdg., CuL, 0,1 mm ∅,
w_2 = 700 Wdg., CuL, 0,1 mm ∅.

Der Einbau des Prüfgenerators erfolgt in ein kleines Metallgehäuse, damit die Schaltung abgeschirmt ist. Zur Stromversorgung dienen zwei Stabbatterien von je 3 V, so daß die Betriebsspannung 6 V beträgt.

5. SCHALTUNGEN MIT TRANSISTOREN 2. WAHL

Bei der Fertigung von Transistoren fällt eine größere Anzahl Transistoren an, die nicht den in den Katalogen angegebenen Transistordaten entsprechen. Solche Transistoren können für die industrielle Fertigung von Geräten nicht verwendet werden, da sie

nicht ohne Schwierigkeiten austauschbar sind. Aber für die Amateurpraxis, wo meist nur ein einzelnes Gerät aufgebaut wird, genügen solche in den Daten abweichende Transistoren vollauf, wenn sie elektrisch in Ordnung sind.

5.1 Transistoren ohne nähere Bezeichnung

Die in den Jahren 1960 und 1961 für Amateurzwecke ausgelieferten Transistoren hatten keine nähere Bezeichnung. Bei der rechteckigen und der runden Bauform unterschied man lediglich durch den farbigen Firmenstempel den Verwendungszweck.

Rechteckige Bauform:

25-mW-NF-Transistor	roter Firmenstempel „HWF"
50-mW-NF-Transistor	gelber Firmenstempel „HWF"
100-mW-NF-Transistor	grüner Firmenstempel „HWF"

Runde Bauform:

150-mW-NF-Transistor	grüner Firmenstempel „HWF"
HF-Transistor (3 MHz)	grüner Firmenstempel „HWF"

Diese Transistoren wurden für den Amateur preisgünstig gehandelt. Die Typen 2. Wahl entsprechen etwa folgenden in den Katalogen aufgeführten Transistortypen:

25 mW	OC 810 bis OC 814
50 mW	OC 815 bis OC 818
100 mW	OC 820 bis OC 823
150 mW	OC 824 bis OC 829
HF-Typ	OC 870 und OC 871

5.2 Transistoren der LA-Reihe

Vom VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder wird seit der Leipziger Herbstmesse 1962 eine Typenreihe von Germanium-Flächentransistoren geliefert, die speziell für Lehrzwecke und für den Amateurbedarf gedacht sind. Sie sollen also nicht für den Einbau in Serien- oder kommerzielle Geräte verwendet werden. Diese Transistoren sind vollwertige Bauelemente, nur etwas gröber toleriert als die garantiepflichtigen Bauelemente. Sie können daher vom Amateur auch in anspruchsvolleren Schaltungen verwendet werden. Wesentlich für den Amateur ist es, daß er diese Transistoren in den Fachgeschäften zu verbilligten Sonderpreisen kaufen kann. Als Bezeichnung dieser Transistoren wählte man die Buchstaben „LA" und Ziffern, die die maximale Verlustleistung des Typs angeben. Die im Teil III dieses Buches aufgeführte Transistor-Tabelle umfaßt auch die lieferbaren LA-Transistoren. Für die einzelnen LA-Typen gibt der Herstellerbetrieb folgenden Verwendungszweck an:

LA 25	NF-Transistor für Vorstufen
LA 50	NF-Transistor für kleine Endstufen
LA 100	NF-Transistor für mittlere Endstufen
LA 1	NF-Leistungstransistor
LA 4	NF-Leistungstransistor
LA 30	HF-Transistor (3 MHz)

5.3 Praktische Schaltungen mit Transistoren 2. Wahl

Vom VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder wurden für die Anwendung der LA-Transistoren eine Anzahl erprobter Schaltungen bekanntgegeben. Natürlich lassen sich diese Transistoren auch in den anderen hier im Buch gezeigten Transistorschaltungen einsetzen.

Pärchen-Messung

Für den Aufbau von Gegentakt-Endstufen benötigt man zwei Transistoren eines Typs, die etwa gleiche Kollektorströme aufweisen. Sonst sind Verzerrungen infolge der unsymmetrischen Arbeitsweise nicht zu vermeiden. Die Messung des Kollektorstromes kann nach der Schaltung in Bild 333 erfolgen. Der Quotient, gebildet aus den

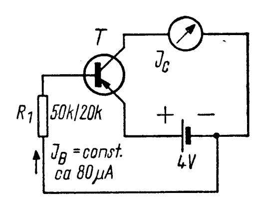


Bild 333. Schaltungen zum Ausmessen von Transistorpärchen für Gegentaktschaltungen

beiden Kollektorströmen, soll zwischen 0,8 und 1,25 liegen. Für den Basiswiderstand von 50 kOhm ist ein Kollektorstrom zwischen 1 und 10 mA, für den Basiswiderstand von 20 kOhm ein Kollektorstrom zwischen 2 und 30 mA zu erwarten. Die Betriebsspannung der Meßschaltung beträgt etwa 4 V, entspricht also zwei Kleinakkus von Akkumed oder einer Flachbatterie.

$$\frac{I_{C1}}{I_{C2}} = 0{,}8 \text{ bis } 1{,}25;$$

I_{C1}, I_{C2} = Kollektorströme der einzelnen Transistoren.

Audionstufe

Die Audionstufe nach Bild 334 ist eine empfindliche Empfangsschaltung mit einer Rückkopplung. Die Rückkopplungsregelung erfolgt durch ein Potentiometer, wodurch die Basisvorspannung verändert wird. Der Aufbau der Schwingkreisspulen auf dem Ferritstab (etwa 10 mm ∅, 60 mm lang) geht aus Bild 334 hervor. Für w_1 sind etwa 90 Wdg. HF-Litze erforderlich. Die Anzapfung für die Ankopplung liegt bei 12 Wdg.

von unten. Die Rückkopplungsspule hat 20 Wdg. An den Schwingkreis (Punkt 1) kann über einen Kondensator (etwa 50 pF) zusätzlich eine Außenantenne angeschlossen werden. Die weitere Verstärkung erfolgt durch einen NF-Verstärker.

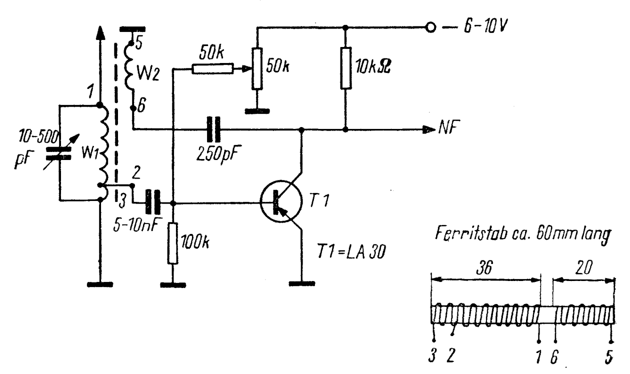


Bild 334. Audionschaltung mit dem Transistor LA 30

NF-Verstärker 25 mW

Der dreistufige NF-Verstärker nach Bild 335 ist mit dem Transistoren LA 50 bestückt. Am Ausgang wird ein „Sternchen"-Lautsprecher verwendet. Der Ausgangsübertrager (Kernpaket M 30/0,35) hat folgende Windungszahlen: w_1 = 500 Wdg. 0,3 mm CuL und w_2 = 100 Wdg. 0,5 mm CuL. Die einzelnen Transistorstufen arbeiten mit Serien-Stromgegenkopplung und sind dadurch gegen Temperatureinflüsse stabilisiert. Die Gegenkopplung in den beiden letzten Stufen wurde dadurch erhöht, indem man nur einen Teil der Emitterwiderstände kapazitiv überbrückte. Die Stromversorgung erfolgt aus 4 Monozellen.

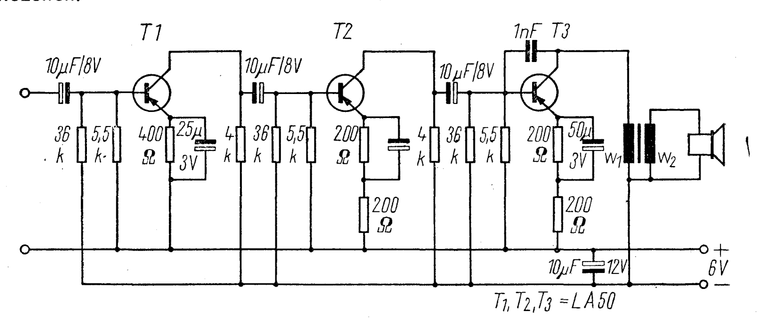


Bild 335. Dreistufiger Transistor-NF-Verstärker mit RC-Kopplung

NF-Verstärker 25 mW

Der NF-Verstärker nach Bild 336 arbeitet mit Übertragerkopplung. Durch die bessere Anpassung wird etwa die gleiche Verstärkung erreicht wie mit dem dreistufigen RC-

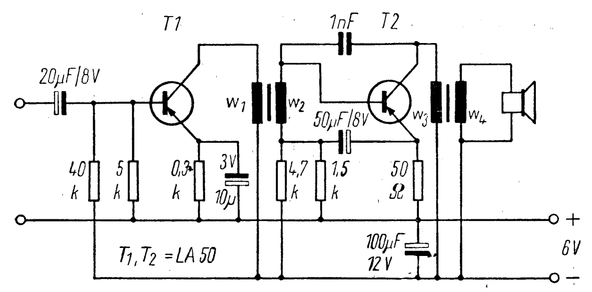


Bild 336. Zweistufiger Transistor-NF-Verstärker mit Trafo-Kopplung

Verstärker nach Bild 335. Die Basisspannungen werden durch Spannungsteiler festgelegt. Für die Übertrager verwendet man Kernpakete M 30/0,35. Die Windungszahlen sind wie folgt:

Zwischenübertrager	w_1 = 2 000 Wdg. — 0,09 mm ∅ CuL
	w_2 = 500 Wdg. — 0,18 mm ∅ CuL
Ausgangsübertrager	w_3 = 500 Wdg. — 0,30 mm ∅ CuL
	w_4 = 100 Wdg. — 0,50 mm ∅ CuL

Als Lautsprecher wird der „Sternchen"-Typ verwendet. Zur Stromversorgung dienen 4 Monozellen.

Gegentakt-B-Verstärker

Für Empfangsschaltungen oder zur Wiedergabe von Schallplatten kann die Verstärkerschaltung nach Bild 337 verwendet werden. Der Verstärker besteht aus dem Vorverstärker, der Treiberstufe und der Gegentakt-Endstufe. Die Ausgangsleistung beträgt etwa 100 mW. Für die Übertrager können auch die „Sternchen"-Typen K 20 und K 21 verwendet werden. Zum Selbstbau der Übertrager werden folgende Angaben gemacht:

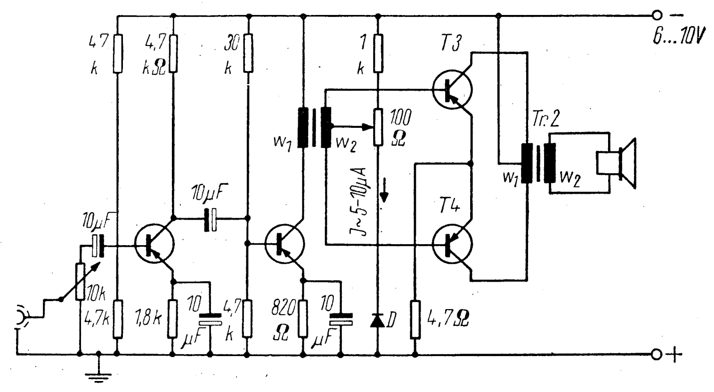


Bild 337. Schaltung für NF-Gegentaktverstärker in B-Betrieb

Treiberübertrager
Kernpaket E/I 30 bzw. M 30/0,35
w_1 = 1700 bis 2000 Wdg. — 0,08 ∅ CuL
w_2 = 2 × 400 bis 600 Wdg. — 0,16 ∅ CuL

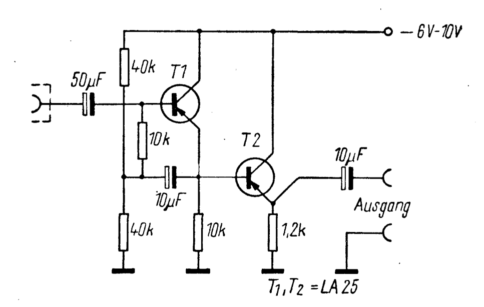
Ausgangsübertrager
Kernpaket E/I 42 bzw. M 42/0,5
w_1 = 2 x 150 bis 220 Wdg. — 0,3 ∅ CuL
w_2 = 60 bis 90 Wdg. — 0,5 ∅ CuL

Für die Transistoren T 1 und T 2 wird der LA 25, für die Endstufe ein Transistor-Pärchen LA 50 verwendet. Die Temperaturstabilisation der Endstufe wird durch die Flächendiode D (z. B. OY 100) erreicht. Entsprechend Bild 288 kann man zur Stabilisierung auch parallel zum Basiswiderstand einen NTC-Widerstand benutzen. Die Stromversorgung erfolgt aus 4 bis 6 Monozellen oder aus 2 Flachbatterien von je 4,5 V. Für die Eingangsstufe muß ein Transistor mit geringem Rauschen verwendet werden.

Impedanzwandler

Der Eingangswiderstand weist bei Transistorschaltungen geringe Werte auf. Mit speziellen Schaltungen kann man hohe Eingangswiderstände erreichen, um z. B. ein Kristallmikrofon an den Eingang eines Transistorverstärkers anzupassen. Eine geeignete Schaltung zeigt Bild 338. Der erreichbare Eingangswiderstand beträgt etwa 200 kOhm. Beide Transistorstufen arbeiten in Kollektorbasisschaltung. Der Ausgangswiderstand ist etwa 600 Ohm, also niederohmig.

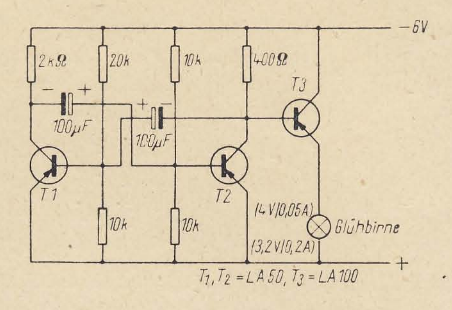
Bild 338. Transistor-Impedanzwandler mit hochohmigem Eingang



Blinkschaltung

Für viele Effekte bzw. Anwendungen benötigt man eine periodisch aufleuchtende Lampe. Rein elektronisch läßt sich das mit Transistoren auf einfache Weise verwirklichen. Bild 339 zeigt eine dafür geeignete Schaltung. Die Transistoren T 1 und T 2 bilden einen Multivibrator, der den Transistor T 3 steuert. Entsprechend der Frequenz des Multivibrators leuchtet die im Emitterkreis von T 3 liegende Lampe auf. Leuchtfolge und Leuchtdauer werden bestimmt durch die RC-Glieder an den beiden Basiselektroden des Multivibrators. Die Stromstärke durch die Glühlampe muß dem maximalen Kollektorstrom von T 3 entsprechen.

Bild 339. Transistor-Blinkschaltung mit drei Transistoren



6. TRANSISTOR-KLEINBAUSTEINE

Im Rahmen der Konsumgüterproduktion hat Ende 1962 der VEB Werk für Fernmeldewesen eine Serie elektronischer Kleinbausteine in sein Programm aufgenommen, die neue Perspektiven in der Amateurpraxis eröffnen. Diese Kleinbausteine sind nach

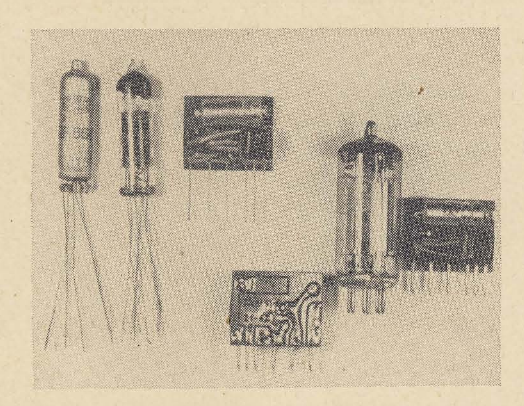


Bild 340. Vergleich zwischen elektronischen Kleinbausteinen und Miniaturröhren

modernen Gesichtspunkten mit gedruckter Schaltung aufgebaut und mit Transistoren bestückt. Durch entsprechende Kombination der einzelnen Bausteine lassen sich verschiedenartige Geräteschaltungen verwirklichen. Bild 340 zeigt einige der Kleinbau-

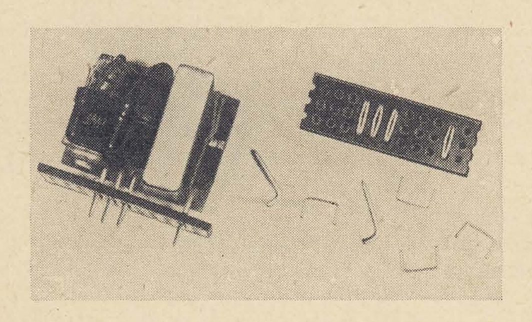


Bild 341. Auf Federleiste gesteckter Baustein „Rufgenerator RG 1“, daneben Federleiste und Kontakte

steine im Vergleich zu Miniaturröhren. Die Bausteine können mit Drahtanschlüssen oder mit Steckerstiften versehen werden. Bild 341 zeigt die Anordnung mit Steckerstiften und die entsprechende Federleiste. Für eine Geräteschaltung werden die benötigten Federleisten miteinander verdrahtet und die Kleinbausteine dann aufgesteckt. (Hierzu siehe auch Band 26 und 31 der Reihe „Der praktische Funkamateur".)

Vorläufig wurden folgende elektronischen Kleinbausteine in die Produktion aufgenommen:

1. Kleinuniversalverstärker KUV 1
2. Zweistufiger NF-Verstärker 2 NV 1
3. Gegentakt-Endstufe GES 4
4. Kombiniertes Regel- und Siebglied KRS 1
5. HF-Eingangsbaustein EBS 1
6. Rufgenerator RG 1
7. Zweistufiger Gleichstromverstärker 2 GV 1

Mit Hilfe dieser 7 elektronischen Kleinbausteine lassen sich etwa 12 verschiedene Geräteschaltungen aufbauen, wenn man eine entsprechende Anzahl Federleisten zur Verfügung hat. Darunter sind auch folgende Schaltungen:

a) Taschenempfänger
b) Kofferempfänger
c) Plattenspielerverstärker
d) Telefon-Mithörverstärker
e) Wechselsprechanlage
f) Lichtschranke
g) Dämmerungsschalter
h) Mikrofonverstärker

Die elektronischen Kleinbausteine können ab 1963 von den RFT-Industrieläden in Berlin, Dresden und Rostock bezogen werden.

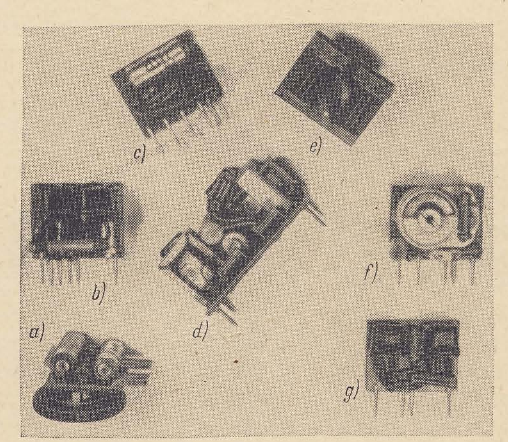


Bild 342. Elektronische Kleinbausteine aus der Konsumgüterproduktion des VEB Werk für Fernmeldewesen:
a) kombiniertes Regel-Siebglied KRS 1,
b) zweistufiger NF-Verstärker 2 NV 1,
c) Kleinuniversalverstärker KUV 1,
d) Gegentakt-Endstufe GES 4,
e) Antennenweiche AW 1, (wird vorläufig nicht produziert),
f) Eingangsbaustein EBS 1,
g) zweistufiger Gleichstromverstärker 2 GV 1

TEIL IV TABELLEN FÜR DEN PRAKTIKER

1. METRISCHES GEWINDE

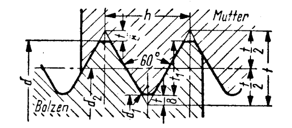


Bild 343
Metrisches Gewinde
Maße in mm

Bolzen und Mutter						
Gewinde-Nenn-durchmesser d	Steigung h	Flanken-durch-messer d_2	Kern-durch-messer d_1	Gewinde-tiefe t_1	Rundung r	Kern-quer-schnitt mm²
1	0,25	0,838	0,676	0,162	0,03	0,36
1,2	0,25	1,038	0,876	0,162	0,03	0,60
1,4	0,3	1,205	1,010	0,195	0,03	0,80
1,7	0,35	1,473	1,246	0,227	0,04	1,22
2	0,4	1,740	1,480	0,260	0,04	1,72
2,3	0,4	2,040	1,780	0,260	0,04	2,49
2,6	0,45	2,308	2,016	0,292	0,05	3,19
3	0,5	2,675	2,350	0,325	0,05	4,34
3,5	0,6	3,110	2,720	0,390	0,06	5,81
4	0,7	3,545	3,090	0,455	0,08	7,50
5	0,8	4,480	3,960	0,520	0,09	12,3
6	1	5,350	4,700	0,650	0,11	17,3
8	1,25	7,188	6,376	0,812	0,14	31,9

2. GEWINDELÄNGEN UND MUTTERHÖHEN (AUSWAHL)

Metrisch	Kurze Schrauben	Mittellange Schrauben	Sechskant-mutterhöhe m	Kronen-mutterhöhe h	Ecken-maß a	Schlüssel-weite s
M 1,7	6	6	1,4	—	4	3,5
M 2	7	7	1,6	—	4,6	4
M 2,3	8	8	1,8	—	5,2	4,5
M 2,6	9	9	2	—	5,8	5
M 3	10	10	2,4	—	6,4	5,5
M 3,5	11	11	2,8	—	6,9	6
M 4	12	13	3,2	5	8,1	7
M 5	12	15	4	5,5	10,4	9
M 6	15	18	5	7,5	11,5	10
M 8	18	22	6,5	9,5	16,2	14

3. AUSZUG AUS SCHRAUBENNORMEN

a) Sechskantschrauben von M 1,7 bis M 8 (Auswahl)

d Gewinde	M 1,7	M 2	M 2,3	M 2,6	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8
b										
r	1,6	1,6	2	2	2,5	3	3	4	5	6
k	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	2,8	3,5	4,5	5,5
s (Größtmaß)	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	9	10	14
l	6—15	7—18	8—20	9—24	9—28	13—28	11—38	14—40	16—50	20—65

Die festgelegten Längen l betragen:

6, Z, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 mm

Von 6 mm Durchmesser ab werden längere Schrauben in Stufen von 5 zu 5 mm geliefert. Sind Zwischenstufen unvermeidlich, so wähle man Längen mit den Endziffern 2 und 8, z. B. 52

b) Sechskantschrauben von M 1,7 bis M 8 (Auswahl)

d Gewinde	M 1,7	M 2	M 2,3	M 2,6	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8
l	2—15	3—18	3—20	3—20	4—28	5—28	5—35	6—40	8—50	10—60

s, r und k wie in Tabelle a)

Die festgelegten Längen l betragen:

2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 mm

Anmerkung wie in Tabelle a)

c) Zylinderschrauben von M 1 bis M 8 (Auswahl)

d Gewinde	M 1	M 1,2	M 1,4	M 1,7	M 2	M 2,3	M 2,6	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8
b	3	3,5	4	5	6	7	8	9	11	12	15	18	22
D	2	2,3	2,6	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	9	10	13
k	0,7	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	2,8	3,5	4	5
n	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	1	1,2	1,6	2
t	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,7	2	2,5
l	2—5	2—6	2—10	2—15	3—18	3—20	3—25	4—30	5—35	5—40	6—50	8—55	10—55

Die festgelegten Längen l betragen:

2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 mm

Ausführung: nach Wahl des Bestellers

Werkstoff: Flußstahl, Messing, Leichtmetall (bei Bestellung angeben).

d) Halbrundschrauben von M 1 bis M 8 (Auswahl)

d Gewinde	M 1	M 1,2	M 1,4	M 1,7	M 2	M 2,3	M 2,6	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8
k	1	1,15	1,3	1,7	2	2,2	2,5	2,7	3	3,5	4,5	5	6
R	1	1,15	1,3	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,5	4,5	5	6,5
t	0,5	0,5	0,6	0,8	1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	2,2	2,5	3

l, b, D, n wie in Tabelle c)

e) Senkschrauben von M 1 bis M 8 (Auswahl)

d Gewinde	M 1	M 1,2	M 1,4	M 1,7	M 2	M 2,3	M 2,6	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8
D	2	2,3	2,6	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10	12	16
k	0,6	0,7	0,8	1,1	1,2	1,3	1,4	1,7	2	2,3	2,8	3,3	4,4
c	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,3	0,3	0,3	0,4
n	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	1,2	1,2	1,5
t	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,5	1,8	2,5

b und l wie in Tabelle c)

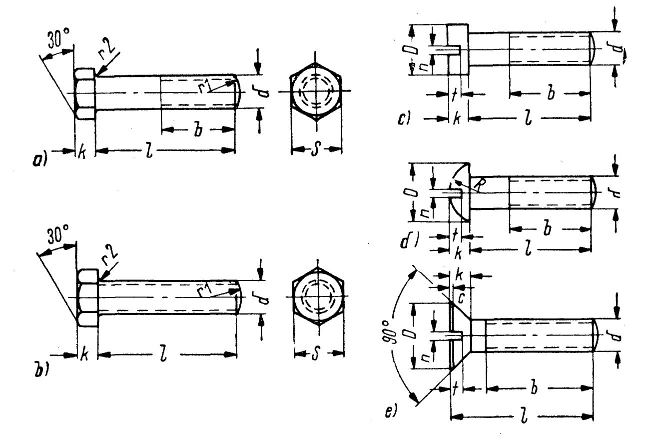


Bild 344
a) Sechskantschraube,
b) Sechskantschraube,
c) Zylinderschraube,
d) Halbrundschraube,
e) Senkschraube

4. NORMEN FÜR DIE WERKZEUGAUSSTATTUNG

Norm 1

Werkzeugbedarf für den Anfänger
1 Seitenschneider 130 mm
1 Flachzange 130 mm
1 Rundzange 130 mm
1 Satz Schraubenzieher (2; 4; 5,5; 7 und 9 mm breit)
1 Hammer 200 g
1 Laubsäge
1 Körner 100 mm
1 Flachfeile, 200 mm, Bastardtyp
1 Flachfeile, 200 mm, Feinhieb
1 Rundfeile, 250 mm, Bastardtyp
1 Halbrundfeile, 160 mm, Feinhieb
1 Feilenbürste
1 Stahlmeßband, 300 mm
1 Reißnadel
1 Messer
1 elektrischer Lötkolben, 60 W
1 Handbohrmaschine mit Bohrern

Norm 2

Für den fortgeschrittenen Bastler werden noch zusätzlich zu Norm 1 folgende Werkzeuge empfohlen:
1 Kombizange, 160 mm, isoliert
1 Schnabelzange, 160 mm

1 Abziehzange
1 Satz Uhrmacherschraubenzieher
1 Hammer, 500 g
1 Holzhammer
1 Handbügelsäge
1 Handblechschere, Berliner Form
1 Kreuzmeißel, 100 mm
1 Flachmeißel, 100 mm
1 Rundfeile, 250 mm, Feinhieb
1 Halbrundfeile, 160 mm, Bastardtyp
1 Vierkantfeile, 160 mm, Grobfeinhieb
1 Dreikantfeile, 160 mm, Grobfeinhieb
1 Satz Schlüsselfeilen
1 Feilkloben
1 Schraubstock, mittlere Größe
1 Handbohrmaschine, zwei Gänge, Bohrfutter bis 10 mm
1 Satz Spiralbohrer (1,5; 2,2; 2,4; 3; 3,2; 4; 4,3; 4,8; 5,3; 6; 6,4; 7,4; 8,4; 9,5 und 10 mm)
1 Satz Gewindebohrer M 2, M 3 und M 4
1 verstellbares Windeisen
1 Satz Gewindeschneideisen M 2, M 3 und M 4
1 Schneideisenhalter
1 Rollstahlmeßband, 2 m lang
1 Anschlagwinkel
1 Schieblehre, 160 mm
1 Spitzzirkel
1 Satz Nietzieher 2, 3 und 4 mm
1 Satz Nietkopfsetzer, 2, 3 und 4 mm
1 Satz Gegenhalter 2, 3 und 4 mm
1 Pinzette
1 Flachpinsel
1 Fuchsschwanzsäge
2 Nagelbohrer

Norm 3

Zusätzlich zu den Normen 1 und 2 werden noch folgende Werkzeuge empfohlen. Die Stückzahl der einzelnen Werkzeuge richtet sich nach der Zahl der Mitglieder der Klubstationen.

1 Gummihammer
1 Einstreichsäge
1 Stichsäge
1 Fuchsschwanz
1 elektrische Handbohrmaschine mit Ständer, Bohrfutter bis 16 mm
1 Satz Spiralbohrer bis 16 mm

1 Krauskopf
1 Kreisschneider
1 Satz Steckschlüssel M 2, M 3, M 4, M 5, M 6, M 8
1 Kabelmesser
1 Meßschraube
1 Lötkolben, 100 W
1 Lötkolben, 500 W
1 Stielfeilkolben
1 Hebelvorschneider
1 Satz Gewindewerkzeuge für M 5, M 6 und M 8
1 gefräste Feile für Aluminium
1 Raspelfeile für Holz
1 Maschinenschraubstock
1 Bohrprisma

5. FARBKENNZEICHNUNG VON KLEINSTWIDERSTÄNDEN

Kleinstwiderstände enthalten keinen aufgedruckten Widerstandswert, sondern nach der IEC-Norm eine Anzahl Farbringe. Während die beiden ersten Farbringe die beiden ersten Ziffern des Widerstandswertes kennzeichnen, gibt der dritte Farbring die Zahl der Nullen an. Der vierte Farbring kennzeichnet den Toleranzwert des Widerstandes. Bild 345 zeigt die Farbtabelle nach der IEC-Norm.

Farbe	erster Ring oder Punkt gleich erster Ziffer	zweiter Ring oder Punkt gleich zweiter Ziffer	dritter Ring oder Punkt		vierter Ring oder Punkt gleich Toleranz	fünfter Ring bei Kondensatoren gleich Betriebs-Spannung in V
			Zahl der Nullen	Bereich des Wertes		
schwarz	0	0		1 – 99 Ω o. pF		
braun	1	1	0	100 – 990 Ω o. pF	± 1 %	100
rot	2	2	00	1 – 9,9 kΩ o. nF	± 2 %	200
orange	3	3	000	10 – 99 kΩ o. nF		300
gelb	4	4	0 000	100 – 990 kΩ o. nF		400
grün	5	5	00 000	1 – 9,9 MΩ o. µF		500
blau	6	6	000 000	10 – 99 MΩ o. µF		600
violett	7	7				700
grau	8	8				800
weiß	9	9				900
gold			· 0,1	0,1 – 9,9 Ω o. pF	± 5 %	1 000
silber			· 0,01	0,01 – 0,89 Ω o. pF	± 10 %	2 000
Keine Kennzeichg.					± 20 %	500

schwarz blau grün rot

z. B. 0 6 00 000 ± 2 % = 600 000 Ω ± 2 %

Bild 345. Farbcode

Ältere Widerstands-Ausführungsformen hatten für die Toleranz eine andere Kennzeichnung:

ein Goldpunkt ± 1 Prozent
zwei Goldpunkte ± 2 Prozent
ein Silberpunkt ± 5 Prozent
zwei Silberpunkte ± 10 Prozent
ohne Gold- bzw. Silberpunkt ± 20 Prozent

6. FARBKENNZEICHNUNG VON TRANSISTOREN

Bei Kleinsignal-Transistoren ist es üblich, auf dem Transistorgehäuse die ungefähre Größe des Stromverstärkungsfaktors β anzugeben.
Die Transistoren der rechteckigen Bauform erhielten einen Farbpunkt zur Kennzeichnung des Stromverstärkungsfaktors. Dabei gilt folgende Tabelle:

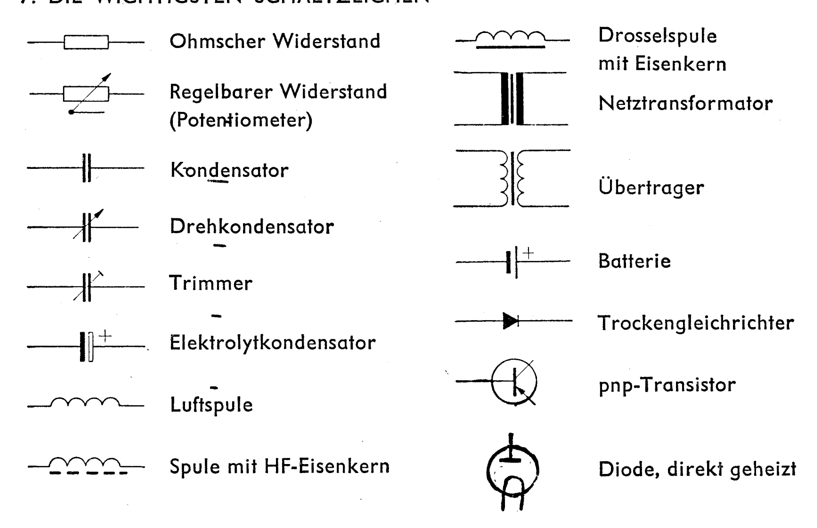
Farbpunkt	β
rot	20 bis 30
orange	30 bis 40
gelb	40 bis 50
grün	50 bis 60
blau	60 bis 75
violett	75 bis 100
weiß	größer als 100

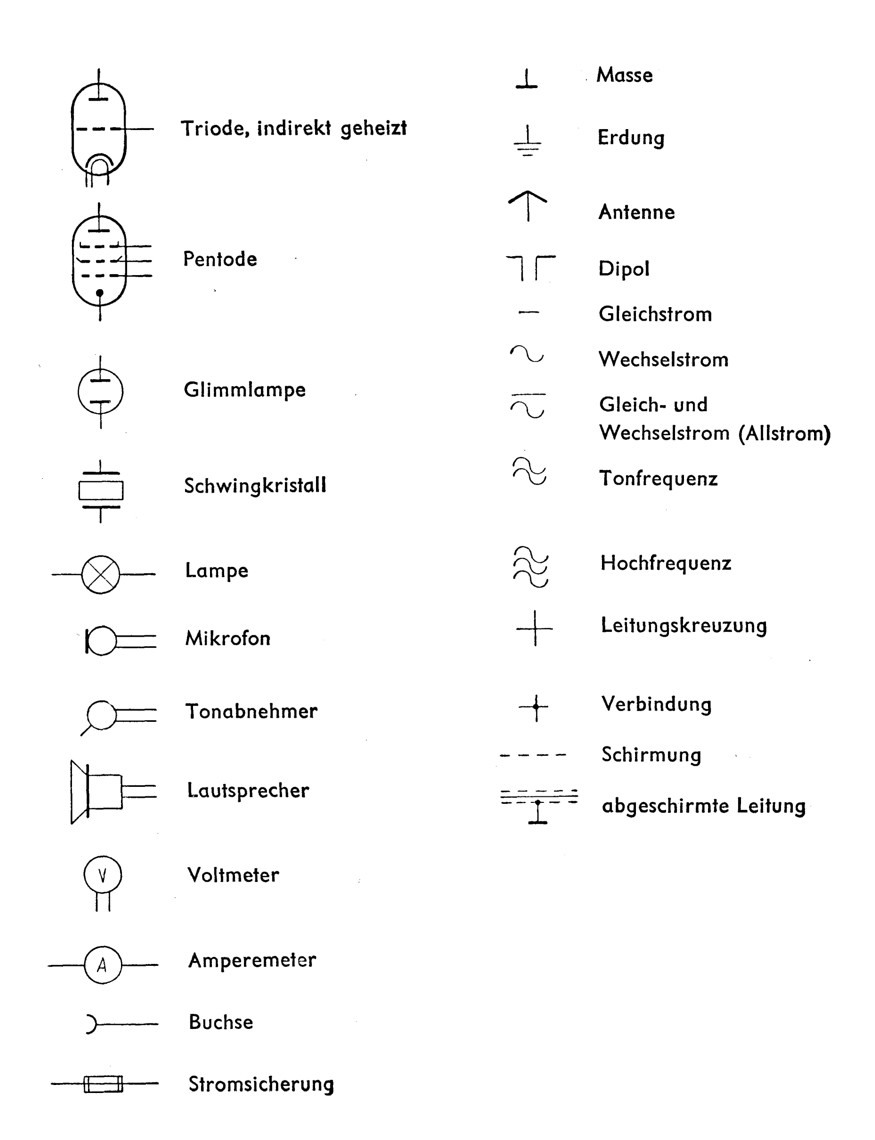
Die neueren Transistoren der runden Bauform erhalten zur Kennzeichnung des Stromverstärkungsfaktors einen oder mehrere Farbpunkte. Dabei gilt folgende Tabelle:

Punktzahl	β
ein Punkt	20 bis 32
zwei Punkte	32 bis 50
drei Punkte	50 bis 80
vier Punkte	größer als 80

Die Stromverstärkung wird mit einer Genauigkeit von $\pm$ 10 Prozent angegeben.

7. DIE WICHTIGSTEN SCHALTZEICHEN




Triode, indirekt geheizt
Pentode
Glimmlampe
Schwingkristall
Lampe
Mikrofon
Tonabnehmer
Lautsprecher
V
Voltmeter
A
Amperemeter
Buchse
Stromsicherung
Masse
Erdung
Antenne
Dipol
Gleichstrom
Wechselstrom
Gleich- und Wechselstrom (Allstrom)
Tonfrequenz
Hochfrequenz
Leitungskreuzung
Verbindung
Schirmung
abgeschirmte Leitung

8. ANGABEN FÜR CHASSIS UND GEHÄUSE

Die Tabelle gibt die wichtigsten Abmessungen für Gehäuse an (Bild 346)

Nenn-größe		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Form	h	96	130	164	198	**232**	266	**300**	334	368	402	436	470	504
A	t			160	oder	**200**	oder	295						
Form	h	96	130	164	**198**	232	**266**	300	334	368	402	436	470	504
B	t			160	oder	**200**	oder	295						
Form	h	96	130	164	**198**	232	266	300	334	368	—	—	—	—
C	t			**120**	oder	160	oder	200	oder	295				
Form	h	96	130	164	**198**	232	**266**	300	—	—	—	—	—	—
D	t			**120**	oder	160	oder	200						

Anmerkung: Fettgedruckte Größen bevorzugen!

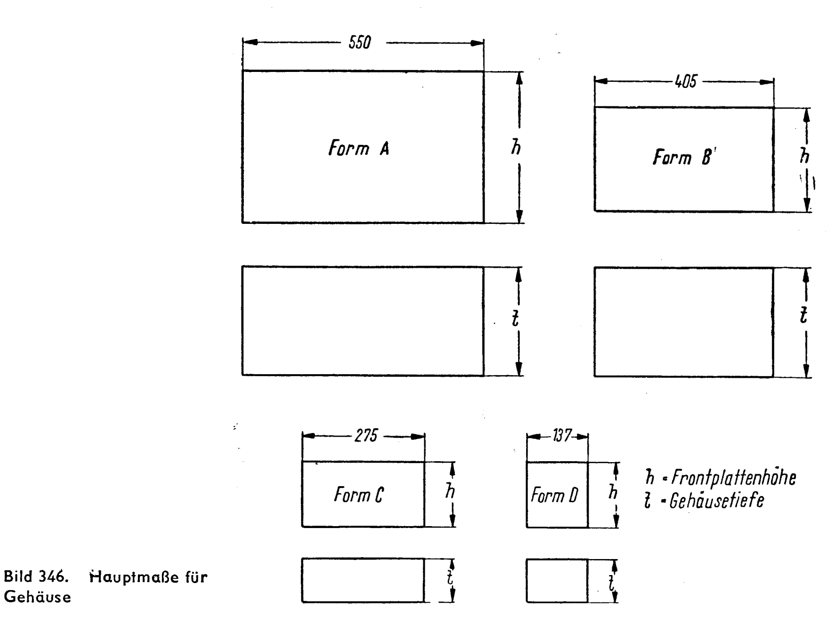


Bild 346. Hauptmaße für Gehäuse

Die Tabelle gibt die wichtigsten Abmessungen für Kastengeräte, Kastengestelle und Gestellrahmen an. In einem Kastengestell können mehrere Einschübe untergebracht werden (Bild 347).

Nenngröße	1	2	3	4	5	6	7	8
h_1	66	100	134	168	202	236	270	304
h_2	58	92	126	160	194	228	262	296
e_1	—	34	68	102	136	170	204	238
e_2	—	—	—	—	—	—	102	102

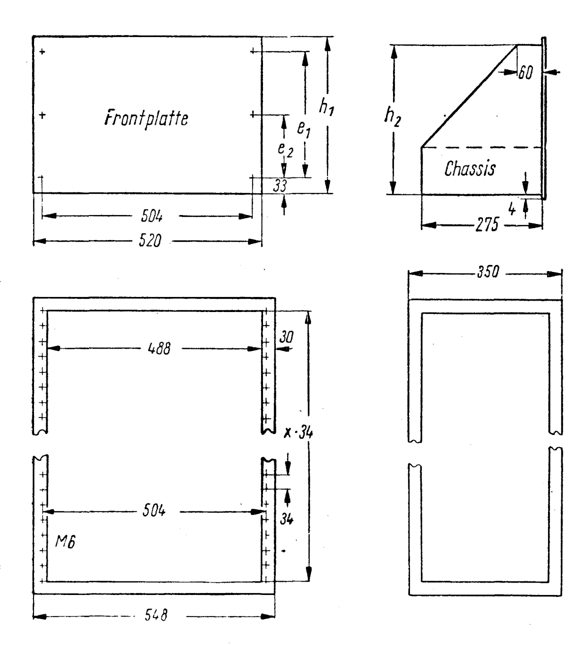


Bild 347. Hauptmaße für Einschübe und Kastengestelle

9. DATEN FÜR KUPFERLACKDRAHT

Nenndurchmesser mm	Durchmesser für CuL mm	Nennquerschnitt mm^2	Höchststrom für I = 2,55 A A	Widerstand pro Meter Ohm	Windungszahl je cm^2 Wdg.
0,03	0,045	0,0007	0,002	24,82	45000
0,04	0,055	0,0013	0,003	13,96	25000
0,05	0,062	0,0020	0,005	8,94	20000
0,06	0,075	0,0028	0,007	6,21	15000
0,07	0,085	0,0039	0,010	4,56	11000
0,08	0,095	0,0050	0,013	3,49	9000
0,09	0,108	0,0064	0,016	2,76	7000
0,10	0,115	0,0079	0,020	2,23	6000
0,11	0,13	0,0095	0,024	1,84	5000
0,12	0,14	0,0113	0,029	1,55	4400
0,13	0,15	0,0133	0,034	1,32	3600
0,14	0,16	0,0154	0,039	1,14	3200
0,15	0,17	0,0177	0,045	0,99	2800
0,16	0,18	0,0211	0,051	0,87	2500
0,17	0,19	0,0227	0,058	0,773	2250
0,18	0,20	0,0254	0,065	0,689	2000
0,19	0,21	0,0284	0,072	0,619	1800
0,20	0,22	0,0314	0,080	0,557	1650
0,21	0,23	0,0346	0,088	0,507	1500
0,22	0,24	0,038	0,097	0,460	1400
0,23	0,25	0,042	0,106	0,422	1300
0,24	0,26	0,045	0,116	0,388	1250
0,25	0,27	0,049	0,125	0,357	1100
0,26	0,285	0,053	0,135	0,330	1000
0,27	0,295	0,057	0,145	0,306	950
0,28	0,305	0,062	0,157	0,285	870
0,29	0,315	0,066	0,168	0,266	800
0,30	0,33	0,071	0,180	0,248	770
0,31	0,34	0,075	0,192	0,232	720
0,32	0,35	0,080	0,205	0,218	690
0,33	0,36	0,086	0,218	0,2051	650
0,34	0,37	0,091	0,231	0,1932	600
0,35	0,38	0,096	0,245	0,1824	580
0,36	0,39	0,102	0,259	0,1724	540
0,37	0,40	0,108	0,274	0,1632	520

Nenn-durch-messer	Durch-messer für CuL	Nenn-querschnitt	Höchst-strom für I = 2,55 A	Widerstand pro Meter	Windungs-zahl je cm²
mm	mm	mm²	A	Ohm	Wdg.
0,38	0,41	0,113	0,289	0,1547	500
0,39	0,42	0,120	0,304	0,1469	475
0,40	0,43	0,126	0,320	0,1396	450
0,42	0,45	0,139	0,353	0,1266	420
0,43	0,46	0,145	0,370	0,1209	390
0,45	0,48	0,159	0,405	0,1103	370
0,47	0,50	0,173	0,442	0,1012	330
0,48	0,51	0,181	0,461	0,0970	320
0,50	0,54	0,196	0,500	0,0894	300
0,55	0,59	0,238	0,605	0,0738	250
0,60	0,64	0,283	0,720	0,0621	210
0,65	0,69	0,334	0,845	0,0562	180
0,70	0,74	0,385	0,980	0,0455	160
0,75	0,79	0,444	1,125	0,0395	140
0,80	0,84	0,504	1,280	0,0348	120
0,85	0,90	0,570	1,445	0,0318	110
0,90	0,93	0,636	1,620	0,0275	100
0,95	1,00	0,711	1,805	0,0246	90
1,00	1,05	0,786	2,000	0,0223	83
1,10	1,16	0,951	2,420	0,0184	67
1,20	1,26	1,131	2,880	0,0155	55
1,30	1,36	1,329	3,380	0,0132	45
1,40	1,46	1,540	3,920	0,0114	40
1,50	1,56	1,770	4,500	0,0099	33
1,60	1,66	2,015	5,120	0,0087	28
1,70	1,76	2,275	5,780	0,0077	24
1,75	1,81	2,365	6,125	0,0073	20
1,80	1,86	2,545	6,480	0,0069	17
1,90	1,96	2,840	7,220	0,0062	14
2,00	2,07	3,142	8,000	0,0056	12
2,20	2,27	3,800	9,500	0,0046	10
2,50	2,57	4,910	12,300	0,0036	7

10. DIE WICHTIGSTEN DATEN VON EISENKERNEN FÜR TRANSFORMATOREN

a) Blechpakete mit M-Schnitt

		M 42	M 55	M 65	M 74	M 85a	M 85b	M 102a	M 102b
maximale Leistung	VA	4	12	25	50	70	100	120	180
Blechbreite, -höhe	mm	42	55	65	74	85	85	102	102
Paketstärke	mm	15	20	27	32	32	45	35	52
Eisenquerschnitt	cm^2	1,8	3,4	5,4	7,4	9,4	13	12	18
Eisenweglänge	cm	10,2	13,1	15,5	17,6	19,7	19,7	23,8	23,8
Zungenbreite	mm	12	17	20	23	29	29	34	34
ausnutzbare Fensterhöhe	mm	7	8,5	10	12	11	11	13,5	13,5
ausnutzbare Fensterbreite	mm	26,4	33,5	37	44	49	49	61	61
Windungslänge, innen	cm	7	9,3	11	12,8	14	15,4	16	19,3
Windungslänge, Mitte	cm	9,2	12	14,4	16,5	17	18,4	19,8	23,2
Windungslänge, außen	cm	11,1	13,8	16,7	19,8	20,3	21,7	23,5	27,1
Fensterquerschnitt (brutto)	cm^2	2,7	4	5,6	7,1	7,5	7,5	11,5	11,5
Wirkungsgrad	Prozent	60	70	77	83	84	85	87	89
Blechzahl bei 0,35 mm	Stück	41	54	72	86	86	118	95	138
Blechzahl bei 0,5 mm	Stück	26	34	46	55	55	78	60	90
Spannung je Windung	mV/Wdg.	45	88	134	184	232	320	298	440
Windungen je Volt	Wdg./V	22,1	11,4	7,5	5,4	4,3	3,1	3,3	2,3
Windungszahl 220 V primär	Wdg./220 V	4900	2600	1650	1200	960	685	730	500
Windungszahl 220 V sekundär	Wdg./220 V	6400	2980	1790	1280	1010	715	770	510
Windungszahl 6,3 V sekundär	Wdg./6,3 V	190	87	52	37	29	20	22	15

b) Blechpakete mit E/I-Schnitt

		EI 48	EI 54	EI 60	EI 66	EI 78	EI 84a	EI 84b	EI 106a	EI 106b	EI 130a	EI 130b
maximale Leistung	VA	5	10	15	20	35	50	75	100	140	230	280
Blechhöhe (mit Joch)	mm	40	45	50	55	65	70	70	88	88	105	105
Blechbreite	mm	48	54	60	66	78	84	84	105	105	130	130
Paketstärke	mm	16	18	20	22	26	28	42	35	45	35	45
Eisenquerschnitt	cm²	2,56	3,24	4	4,8	6,8	7,8	11,8	12,3	15,8	12,3	15,8
Eisenweglänge	cm	9,6	10,8	12	13,2	15,6	16,8	16,8	21	21	27	27
Zungenbreite	mm	16	18	20	22	26	28	28	35	35	35	35
ausnutzbare Fensterhöhe	mm	21,5	24,5	27	30	35	38	38	49	49	66	66
ausnutzbare Fensterbreite	mm	6	7	8	9	10,5	11,5	11,5	21	21	27	27
Windungslänge, innen	cm	8	9,3	10,3	11,3	13,2	14,1	17,1	17,6	19,9	20,2	22,2
Windungslänge, Mitte	cm	9	10,3	11,4	12,5	14,7	15,9	18,9	21,7	23,5	23,9	25,9
Windungslänge, außen	cm	10,1	11,2	12,5	13,8	16,3	17,6	20,6	25,1	27,3	27,7	29,7
Fensterquerschnitt (brutto)	cm²	1,92	2,43	3	3,6	5,1	5,9	5,9	13,4	13,4	21	21
Wirkungsgrad	Prozent	65	68	72	75	78	81	83	85	87	90	91
Blechzahl bei 0,35 mm	Stück	43	49	54	60	70	75	109	95	118	95	118
Blechzahl bei 0,5 mm	Stück	27	31	34	37	44	48	75	60	78	61	78
Spannung je Windung	mV/Wdg.	57	74	92	110	156	180	275	284	365	284	365
Windungen je Volt	Wdg./V	17,5	13,6	10,9	9,1	6,5	5,6	3,7	3,5	2,7	3,5	2,7
Windungszahl 220 V primär	Wdg./220	3850	3000	2400	2000	1430	1250	815	770	595	770	595
Windungszahl 220 V sekundär	Wdg./220	4400	3400	2650	2200	1550	1350	865	800	610	800	610
Windungszahl 6,3 V sekundär	Wdg./6,3 V	125	100	75	64	45	37	24	22	17	22	17

11. DEZIMALE UND VIELFACHE

p = Pico	$= 10^{-12}$	= 0,000 000 000 001		D = Deka	$= 10^{1}$	= 10
n = Nano	$= 10^{-9}$	= 0,000 000 001		H = Hekto	$= 10^{2}$	= 100
μ = Mikro	$= 10^{-6}$	= 0,000 001		K = Kilo	$= 10^{3}$	= 1 000
m = Milli	$= 10^{-3}$	= 0,001		M = Mega	$= 10^{6}$	= 1 000 000
c = Zenti	$= 10^{-2}$	= 0,01		G = Giga	$= 10^{9}$	= 1 000 000 000
d = Dezi	$= 10^{-1}$	= 0,1		T = Tera	$= 10^{12}$	= 1 000 000 000 000

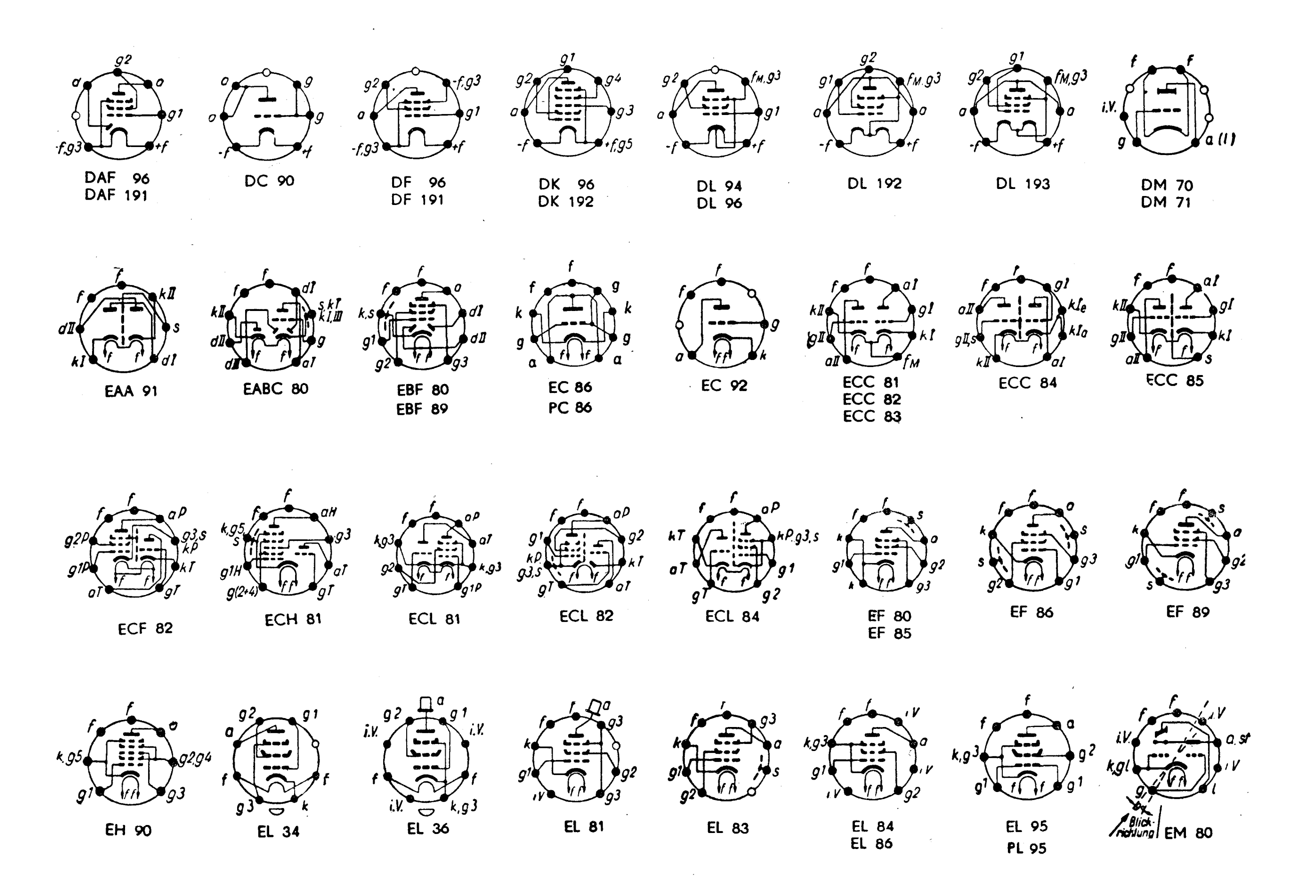
12. UMRECHNUNGSWERTE

Einheit	F	μF	nF	pF	cm
1 F (Farad)	1	10^{6}	10^{9}	10^{12}	0,9 10^{12}
1 μF (Mikrofarad)	10^{-6}	1	10^{3}	10^{6}	0,9 10^{6}
1 nF (Nanofarad)	10^{-9}	10^{-3}	1	10^{3}	0,9 10^{3}
1 pF (Picofarad)	10^{-12}	10^{-6}	10^{-3}	1	0,9
1 cm (Zentimeter)	1,1 10^{-12}	1,1 10^{-6}	1,1 10^{-3}	1,1	1

Einheit	H	mH	μH	cm
1 H (Henry)	1	10^{3}	10^{6}	10^{9}
1 mH (Millihenry)	10^{-3}	1	10^{3}	10^{6}
1 μH (Mikrohenry)	10^{-6}	10^{-3}	1	10^{3}
1 cm (Zentimeter)	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	1

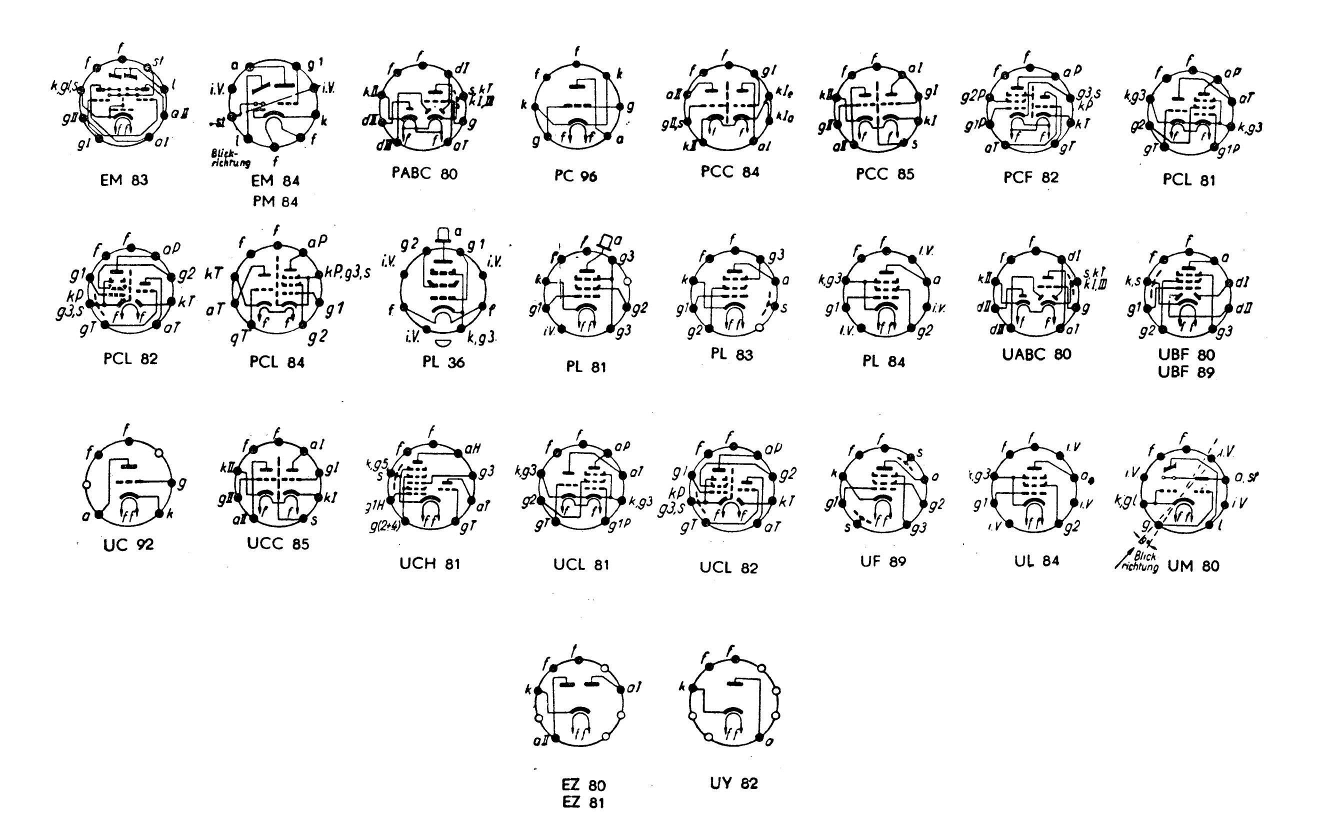
13. DIE DATEN DER MINIATURRÖHREN

Typ	Art und Verwendung	Heizspannung V	Heizstrom mA	Heizart	Anodenspannung V	Anodenstrom mA	Schirmgitterspannung V	Schirmgitterstrom mA	Gittervorspannung V	Steilheit mA/V	Innenwiderstand kΩ	Außenwiderstand kΩ	Sprechleistung bzw. Verstärkungsfaktor	maximale Anodenbelastung W	maximale Schirmgitterbelastung W
DAF 96	Diode f. AM, Pentode NF	1,4	25	dir.	67,5	0,53	67,5	0,16	0	0,25	2500	1000	~65fach	0,03	0,01
DAF 191	Diode f. AM, Pentode NF	1,4	50	dir.	90	2,2	90	0,8	0	0,7	600	1000	~65fach	0,15	0,05
DC 90	UKW-Triode add. Misch.	1,4	50	dir.	90	3	—	—	—3	1,1	10,7	—	—	0,6	—
DF 96	Regelpentode HF	1,4	25	dir.	85	1,65	67,5	0,55	0	0,85	1000	—	—	0,25	0,1
DF 191	Regelpentode HF	1,4	50	dir.	67,5	3,4	67,5	1,5	0	0,85	<10000	—	—	0,35	0,12
DK 96	Regelhept. Misch+Osz.	1,4	25	dir.	85	0,6	85	1,65	0	0,6	800	—	—	0,15	0,1
DK 192	Regelhept. Misch+Osz.	1,4	50	dir.	90	0,65	90	1,92	0	0,25	330	435	—	0,2	0,25
DL 94	Endpentode A-Betr.	1,4/2,8	100/50	dir.	90	8	90	1,8	—5,1	2	110	8	310 mW	1,2	0,45
DL 96	Endpentode A-Betr.	1,4/2,8	50/25	dir.	64	3,5	64	0,65	—5,2	1,3	150	15	100 mW	0,6	0,2
DL 192	Endpentode A-Betr.	1,4/2,8	100/50	dir.	67,5	7	67,5	2	—7	1,5	100	5	165 mW	0,85	0,22
DL 193	Endpentode A-Betr.	1,4/2,8	200/100	dir.	150	10	67,5	2,6	—7,5	2,2	90	12	0,6 W	1,5	0,35
DM70/71	Abstimmanzeiger —	1,4	25	dir.	85	0,11	—	—	—10	—	—	1000	—	0,075	—
EAA 91	Duodiode f. FM —	6,3	300	ind.	—	<9	—	—	—	—	0,3	—	—	0,5	—
EABC80	Dreifachdiode f. AM/FM NF	6,3	450	ind.	250	1	—	—	—3	1,2	58	300	60fach	1	—
EBF 80	Duodiode-Regelpentode HF-ZF	6,3	300	ind.	250	5	85	1,75	—2	2,2	1400	—	—	1,5	0,3
EBF 89	Duodiode-Regelpentode HF-ZF	6,3	300	ind.	250	9	100	2,7	—2	3,8	1000	—	—	2,25	0,45
EC 86	UHF-Triode —	6,3	180	ind.	175	12	—	—	—1,5	14	—	—	70fach	2,2	—
EC 92	UKW-Triode —	6,3	150	ind.	250	10	—	—	—2	5,5	11	—	60fach	2,5	—
ECC 81	UKW-Doppeltriode —	6,3/12,6	300/150	ind.	250	10	—	—	—2	5,5	11	—	60fach	2,5	—
ECC 82	Doppeltriode HF-NF	6,3/12,6	300/150	ind.	250	10,5	—	—	—8,5	2,2	7,7	—	17fach	2,75	—
ECC 83	Doppeltriode HF-NF	6,3/12,6	300/150	ind.	250	1,2	—	—	—2	1,6	62,5	—	100fach	1	—
ECC 84	UKW-Doppeltriode —	6,3	340	ind.	90	12	—	—	—1,5	6	4	—	24fach	2	—
ECC 85	UKW-Doppeltriode —	6,3	380	ind.	250	10	—	—	—2,3	6	9,7	—	58fach	2,5	—
ECF 82	Triode-Pentode HF	6,3	450	ind.	250	10	110	3,5	—0,9	5,5	400	—	—	2	0,5
	HF	—	—	—	—	5,7	—	—	—2	5,8	6	—	35fach	1,5	—
ECH 81	Triode-Heptode Misch.	6,3	300	ind.	250	6,5	100	3,75	—2	2,4	700	—	—	1,7	1
	Osz.	—	—	—	250	5	—	—	0	3,7	6	—	—	0,8	—


DAF 96
DAF 191
DC 90
DF 96
DF 191
DK 96
DK 192
DL 94
DL 96
DL 192
DL 193
DM 70
DM 71
EAA 91
EABC 80
EBF 80
EBF 89
EC 86
PC 86
EC 92
ECC 81
ECC 82
ECC 83
ECC 84
ECC 85
ECF 82
ECH 81
ECL 81
ECL 82
ECL 84
EF 80
EF 85
EF 86
EF 89
EH 90
EL 34
EL 36
EL 81
EL 83
EL 84
EL 86
EL 95
PL 95
Blickrichtung
EM 80

Typ	Art und Verwendung	Heizspannung V	Heizstrom mA	Heizart	Anodenspannung V	Anodenstrom mA	Schirmgitter-spannung V	Schirmgitterstrom mA	Gitter-vorspannung V	Steilheit mA/V	Innenwiderstand kΩ	Außen-widerstand kΩ	Sprechleistung bzw. Verstär-kungsfaktor	maximale Anodenbelastung W	maximale Schirm-gitterbelastung W
ECL 81	Triode-Endpentode														
	A-Betr.	6,3	700	ind.	200	30	200	4,8	—7	8,75	22	7	2,4 W	6,5	1,5
	NF	—	—	—	150	1,3	—	—	—1,9	1,6	35	—	55fach	1	—
ECL 82	Triode-Endpentode														
	A-Betr.	6,3	780	ind.	200	35	200	7	—16	6,4	20	5,6	3,5 W	7	1,8
	NF	—	—	—	100	3,5	—	—	0	2,5	28	—	70fach	1	—
ECL 84	Triode-Endpentode														
	A-Betr.	6,3	720	ind.	220	18	220	3,1	—3,4	10	150	3	—	4	1,7
	NF	—	—	—	200	3	—	—	—1,7	4	—	—	65fach	1	—
EF 80	Steile Pentode HF-ZF	6,3	300	ind.	250	10	250	2,8	—3,5	6,8	650	—	—	2,5	0,7
EF 85	Steile Regelpentode														
	HF-ZF	6,3	300	ind.	250	10	100	2,5	—2	6	500	—	—	2,5	0,65
EF 86	NF-Pentode NF	6,3	200	ind.	250	3	140	0,6	—2	2	2500	200	175fach	1	0,2
EF 89	Mittelsteile Regelpentode														
	HF-ZF	6,3	200	ind.	250	9	100	3	—2	3,6	1000	—	—	2,25	0,45
EH 90	Spezial-Heptode —	6,3	300	ind.	100	0,75	30	1,1	—1	1	1000	—	—	1	1
EL 34	Endpentode A-Betr.	6,3	1500	ind.	250	120	265	14,9	—13,5	11	15	2	11 W	25	8
EL 36	Endpentode A-Betr.	6,3	1200	ind.	170	100	170	7	—8,2	14	5	—	—	8	5
EL 81	Endpentode A-Betr.	6,3	1000	ind.	250	32	250	2,4	—38,5	4,6	15	—	—	8	4,5
EL 83	Endpentode A-Betr.	6,3	700	ind.	250	36	250	5	—5,5	10,5	100	5	—	9	2
EL 84	Endpentode A-Betr.	6,3	760	ind.	250	48	250	5,5	—7,3	11,3	30	5,2	5,3 W	12	1,5
EL 86	Endpentode A-Betr.	6,3	760	ind.	170	70	170	5	—12,5	10	23	2,4	5,6 W	12	1,75
EL 95	Endpentode A-Betr.	6,3	200	ind.	250	24	250	4,5	—9	5	80	10	3 W	6	1,25
EM 80	Abstimmanzeigeröhre —	6,3	300	ind.	250	0,4	—	—	—20	—	—	500	—	0,2	—
EM 83	Abstimmanzeigeröhre —	6,3	300	ind.	250	2,5	—	—	—8	—	—	1000	—	—	—
EM 84	Abstimmanzeigeröhre —	6,3	270	ind.	250	0,45	—	—	—22	—	—	1000	—	0,5	—
PABC80	Dreifachdiode-Triode NF	9,5	300	ind.	200	0,45	—	—	—2	1,5	46	300	57fach	1	—
PC 86	UHF-Triode —	3,8	300	ind.	175	12	—	—	—1,5	14	—	—	70fach	2,2	—
PC 96	VHF-Triode —	3,5	300	ind.	200	12	—	—	—0,9	7,2	—	—	67fach	2,5	—
PCC 84	UKW-Doppeltriode —	7,2	300	ind.	90	12	—	—	—1,5	6	4	—	24fach	2	—

PCC 85	UKW-Doppeltriode	—	8	300	ind.	170	10	—	—	—1,5	6,2	8	—	50fach	2,5	—
PCF 82	Triode-Pentode	HF	9,5	300	ind.	170	10	110	3,5	—0,9	5,5	400	—	—	2	0,5
		HF				150	11	—	—	—2	5,8	6	—	35fach	1,5	—
PCL 81	Triode-Endpentode A-Betr.		14,7	300	ind.	170	30	170	4,8	—5,3	8,75	22	6	2,2 W	6,5	1,5
		NF				150	1,3	—	—	—1,9	1,6	35	200	55fach	1	—
PCL 82	Triode-Endpentode A-Betr.		16	300	ind.	200	35	200	7	—16	6,4	20	5,6	3,5 W	7	1,8
		NF				100	3,5	—	—	0	2,5	28	—	70fach	1	—
PCL 84	Triode-Endpentode A-Betr.		15	300	ind.	200	18	200	3,1	—2,9	10,4	130	3	—	4	1,7
		NF				200	3	—	—	—1,7	4	—	—	65fach	1	—
PL 36	Endpentode	A-Betr.	25	300	ind.	100	100	100	7	—8,2	14	5	—	—	8	5
PL 81	Endpentode	A-Betr.	21,5	300	ind.	200	40	200	2,8	—28	6	11	—	—	8	4,5
PL 83	Endpentode	A-Betr.	15	300	ind.	200	36	200	5	—3,5	10,5	100	5	—	9	2
PL 84	Endpentode	A-Betr.	15	300	ind.	170	70	170	5	—12,5	10	23	2,4	5,6 W	12	1,75
PL 95	Endpentode	A-Betr.	4,5	300	ind.	200	23	200	4,3	—6,2	5	80	8	2,3 W	6	1,25
PM 84	Abstimmanzeigeröhre	—	4,25	300	ind.	170	0,3	—	—	—15	—	—	470	—	0,5	—
UABC 80	Dreifachdiode-Triode	NF	28,5	100	ind.	200	1,35	—	—	—2	1,5	46	300	70fach	1	—
UBF 80	Duodiode-Regelpentode	HF-ZF	19	100	ind.	250	5	85	1,75	—2	2,2	1400	—	—	1,5	0,3
UBF 89	Duodiode-Regelpentode	HF-ZF	19	100	ind.	200	11	100	3,3	—1,5	4,5	600	—	—	2,25	0,45
UC 92	UKW-Triode	—	8,7	100	ind.	200	8,5	—	—	—1,5	5,6	11,2	—	62fach	2,5	—
UCC 85	UKW-Doppeltriode	—	23,5	100	ind.	170	10	—	—	—1,5	6,2	8	—	50fach	2,5	—
UCH 81	Triode-Hept. Misch + Osz.		19	100	ind.	250	6,5	100	3,75	—2	2,4	700	—	—	1,7	1
						100	13,5	—	—	0	3,7	6	—	22fach	0,8	—
UCL 81	Triode-Endpentode A-Betr.		38	100	ind.	200	30	200	4,8	—7	8,75	22	7	2,4 W	6,5	1,5
		NF	—	—	—	150	1,3	—	—	—1,9	1,6	35	—	59fach	1	—
UCL 82	Triode-Endpentode A-Betr.		50	100	ind.	200	35	200	7	—16	6,4	20	5,6	3,5 W	7	1,8
		NF	—	—	—	100	3,5	—	—	0	2,5	28	—	70fach	1	—
UF 89	Mittelsteile Regelpentode	HF-ZF	12,6	100	ind.	170	12	100	4,4	—1	4,4	300	—	—	2,25	0,45
UL 84	Endpentode	A-Betr.	45	100	ind.	170	70	170	5	—12,5	10	23	2,4	5,6 W	12	1,75
UM 80	Abstimmanzeigeröhre	—	18	100	ind.	200	0,35	—	—	—14	—	—	500	—	0,2	—
EZ 80	Zweiweg-Netzgleichrichter	—	6,3	600	ind.	350	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—
EZ 81	Zweiweg-Netzgleichrichter	—	6,3	1000	ind.	350	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—
UY 82	Einweg-Netzgleichrichter	—	55	100	ind.	220	180	—	—	—	—	—	—	—	—	—


EM 83
EM 84
PM 84
Blick-richtung
PABC 80
PC 96
PCC 84
PCC 85
PCF 82
PCL 81
PCL 82
PCL 84
PL 36
PL 81
PL 83
PL 84
UABC 80
UBF 80
UBF 89
UC 92
UCC 85
UCH 81
UCL 81
UCL 82
UF 89
UL 84
Blick richtung
UM 80
EZ 80
EZ 81
UY 82

14. DIE DATEN DER TRANSISTOREN

(VEB Halbleiterwerk Frankfurt/O.)

Transistor-Bezeichnung	Typ	Verlustleistung $N_{k\,max}$ mW	Grenzfrequenz f_α MHz	max. Kollektorspannung $U_{ke\,max}$ V	max. Kollektorstrom $I_{k\,max}$ mA	Kollektorreststrom I_{ko} μA	Stromverstärkung β	Rauschfaktor dB
OC 810	Alle DDR-Transistoren sind pnp-Transistoren	25	0,3	—20	15	15	10—20	25
OC 811		25	0,3	—20	15	15	> 20	25
OC 812		25	0,3	—20	15	15	> 20	10
OC 813		25	1	—20	15	15	> 20	25
OC 814		25	0,3	—20	15	15	> 20	5
OC 815		50	0,3	—15	50	15	10—20	25
OC 816		50	0,3	—15	50	15	> 20	25
OC 817		50	0,3	—15	50	15	> 20	10
OC 818		50	0,3	—15	50	15	> 20	5
OC 820		150	0,3	—20	150	15	10—20	25
OC 821		150	0,3	—20	150	15	> 20	25
OC 822		150	0,3	—30	250	15	> 20	—
OC 823		150	0,3	—60	250	15	> 20	—
OC 824		150	0,3	—20	135	15	10—40	25
OC 825		150	0,3	—20	135	15	> 20	25
OC 826		150	0,3	—20	135	15	> 20	10
OC 827		150	0,3	—20	135	15	> 20	5
OC 828		150	0,3	—33	135	15	> 20	—
OC 829		150	0,3	—66	135	15	> 20	—
OC 830		1000	—	—20	1000	30	10—20	—
OC 831		1000	—	—20	1000	30	> 20	—
OC 832		1000	—	—30	1000	30	> 20	—
OC 833		1000	—	—60	1000	30	> 20	—
OC 835		4000	—	—20	3000	50	10—20	—
OC 836		4000	—	—20	3000	50	> 20	—
OC 837		4000	—	—30	3000	50	> 20	—
OC 838		4000	—	—60	3000	50	> 20	—
OC 870		30	1	—15	15	15	> 20	—
OC 871		30	3	—15	15	10	> 20	—
OC 872		30	7	—15	15	10	> 20	—
OC 880		50	10	—10	10	7,5	—	—
OC 881		50	20	—10	10	7,5	> 20	—
OC 882		50	30	—10	10	7,5	> 20	—
OC 883		50	60	—10	10	7,5	> 20	—

Transistoren für Lehr- und Amateurzwecke

LA 25	25	0,2	—10	15	1000	10...80	—
LA 50	50...100	0,2	—10	50	1000	10...80	—
LA 100	120...150	0,2	—	150	1500	10...80	—
LA 1	1000	—	—	1000	2000	—	—
LA 4	4000	—	—	3000	4000	—	—
LA 30	30	3	—	15	1500	20...100	—

15a. DIE DATEN DER GERMANIUMDIODEN

(VEB Werk für Fernsehelektronik)

Bezeichnung	Durchlaßstrom bei + 1 V I_{AK} [mA]	Sperrstrom bei — 10 V I_{KA} [μA]	Durchlaßstrom I_{AKmax} [mA]	Sperrspannung U_{KAmax} [V]	Verwendungszweck
OA 601	5	1000 } bei	20	5	dm-Richtdiode
OA 602	5	1000 } — 5 V	20	5	dm-Richtdiode
OA 603	5	1000	20	10	dm-Richtdiode
OA 604	5	1000 bei	20	10	dm-Richtdiode
OA 605	5	1000 —20 V	20	20	dm-Richtdiode
OA 625	5	100	20	—20	Universaldiode
OA 626	3	100	20	—20	Videodiode
OA 645	3	100	15	—40	Universaldiode
OAA 646	5	100	10	—40	Diodenpaar
O4A 657	10	40	15	—40	Diodenquartett
OA 665	3	50	12	—60	Universaldiode
OA 685	2	50	10	—80	Universaldiode
OA 705	2	15	10	—100	Universaldiode
OA 720	75	400	50	—20	Schaltdiode
OA 721	75	400	75	—20	Schaltdiode
OA 741	75	50	75	—40	Schaltdiode
OA 780	75	50	50	—80	Schaltdiode

Die Katode ist durch einen Farbring gekennzeichnet.

15b. DIE DATEN DER FLÄCHENGLEICHRICHTER

(VEB Halbleiterwerk Frankfurt/Oder)

Bezeichnung	Sperrspannung U_{KAmax} [V]	Nenngleich-strom I_{AK} [A]	Durchlaß-spannungsabfall U_{AK} [V]	Sperrstrom I_{KA} [mA]	Spitzenstrom I_{AKmax} [A]
OY 100	20	0,1	0,5	0,1	0,35
OY 101	50	0,1	0,5	0,1	0,35
OY 102	100	0,1	0,5	0,1	0,35
OY 103	150	0,1	0,5	0,1	0,35
OY 104	200	0,1	0,5	0,1	0,35
OY 110	20	1	1	0,1	3
OY 111	50	1	1	0,1	3
OY 112	100	1	1	0,1	3
OY 113	150	1	1	0,1	3
OY 114	200	1	1	0,1	3
OY 120	20	10	0,6	1	32
OY 122	65	10	0,6	1	32
OY 123	100	10	0,6	1	32
OY 911	100	1	1,6	0,1	3,2
OY 912	200	1	1,6	0,1	3,2
OY 913	300	1	1,6	0,1	3,2
OY 914	400	1	1,6	0,1	3,2
OY 915	500	1	1,6	0,1	3,2
OY 916	600	1	1,6	0,1	3,2
OY 917	700	1	1,6	0,1	3,2

16. RÖHRENVERGLEICHSTABELLE

Deutsche Bezeichnung	Amerikanische Bezeichnung	Sowjetische Bezeichnung
EABC 80	6 AK 8, 6 T 8	6 Г 3 П
EBF 80	6 N 8	—
EBF 89	6 DC 8	—
EC 92	6 AB 4	6 С 1 П
ECC 81	12 AT 7	6 Н 1 П
ECC 82	12 AU 7	6 Н 4 П
ECC 83	12 AX 7	6 Н 2 П
ECC 84	6 CW 7	6 Н 14 П
ECC 85	6 AQ 8	—
ECF 82	6 U 8	6 Ф 1 П
ECH 81	6 AJ 8	6 И 1 П
ECL 82	6 BM 8	—
EF 80	6 BX 6	—
EF 85	6 BY 7	6 К 4 П
EF 89	6 DA 6	—
EF 86	6 CF 8	—
EL 34	6 CA 7	—
EL 84	6 BQ 5	6 П 14 П
EL 95	6 DL 5	—
EM 80	6 BR 5	6 Е 1 П
EM 84	6 FG 6	—
EZ 80	6 V 4	—
EZ 81	6 CA 4	—
UABC 80	28 AK 8	—
UBF 80	17 N 8	—
UBF 89	10 FD 12	—
UC 92	9 AB 4	—
UCC 85	25 AQ 8	—
UCH 81	19 D 8	—
UF 80	19 BX 6	—
UF 85	19 BY 7	—
UF 89	10 F 18	—
UL 84	45 B 5	—
UY 82	55 N 3	—
UY 85	38 A 3	—

17. TRANSISTORENVERGLEICHSTABELLE

DDR-Typen	UdSSR	DBR	USA	CSSR[1])
OC 810	P 5 A, P 5 B	OC 622, OC 624 AC 108, OC 65	2 N 37, 2 N 38	101 NU 70
OC 811	P 5 W, P 5 G P 5 E	OC 66, AC 109	2 N 107	
OC 812	P 5 D	OC 603	2 N 34, 2 N 77	
OC 814		OC 623, OC 360	2 N 175	
OC 813	P 6 B, P 6 W, P 6 G	OC 350, TF 65	2 N 187, 2 N 190	153 NU 70
OC 870	P 6 D, P 10, P 11 P 14, P 15, P 16		2 N 207	
OC 815	P 1 A, P 1 D	OC 602, OC 604 OC 303, OC 304	2 N 186, 2 N 189	102 NU 70
OC 816	P 1 B, P 1 W P 1 G, P 1 E P 1 J, P 1 J	TF 66	2 N 104, 2 N 105	103 NU 70 104 NU 70
OC 820	P 2 A, P 2 B P 6 A	OC 604 Spez. TF 75, OC 308 OC 72	2 N 45	105 NU 70
OC 821	P 13, P 13 A P 13 B, P 104 P 105	AC 120	2 N 44, 2 N 43	106 NU 70 107 NU 70
OC 824	P 2 A, P 2 B P 6 A		CK 721, CK 722	101 NU 71
OC 825	P 13, P 13 A P 13 B, P 104 P 105	AC 121		102 NU 71
OC 826	P 6 D, P 13 B		CK 727	
OC 827		OC 603	2 N 106	
OC 828	P 2 B	OC 602 Spez. OC 76, TF 78	2 N 422	104 NU 71
OC 829	P 2 A, P 104	OC 309	2 N 464	103 NU 71
OC 830	P 3 A	AC 105	2 N 143	
OC 831	P 3 B, P 3 W	AC 106	2 N 101, 2 N 141	
OC 832	P 3 A	ASZ 10	2 N 101	
OC 833	P 3 B, P 3 W		2 N 141, 2 N 143	
OC 835	P 201, P 202	OD 603, OC 16	2 N 138	
OC 836	P 201 A		2 N 1042	

DDR-Typen	UdSSR	DBR	USA	CSSR[1])
OC 837 OC 838	P 201, P 201 A P 202, P 203	2 N 257 OD 603/50 2 N 268	2 N 1039 2 N 1041	
OC 871	P 6 G, P 12 P 15	OC 612, OC 390 TF 49	2 N 481 2 N 482	152 NU 70 154 NU 70
OC 872	P 406	OC 613, OC 400 AF 117, OC 45 AF 101	2 N 485 2 N 414	155 NU 70
OC 880	P 406	OC 410, OC 44	2 N 416 CK 761	156 NU 70
OC 881	P 407	OC 169, OC 614	CK 762 2 N 247	
OC 882	P 401	AF 116, OC 170 AF 105, AFZ 10 OC 615	2 N 370 2 N 374	
OC 883	P 402	AF 114, AF 115 OC 171	2 N 384 2 N 623	

[1]) Die Transistoren der CSSR sind vom Typ npn

LITERATUR FÜR DEN RADIOBASTLER

a) Bücher

VEB Verlag Technik, Berlin

Tucek-Irmler: „Überlagerungsempfänger“ (1961)

VEB Fachbuchverlag, Leipzig

K.-A. Springstein: „Einführung in die KW- und UKW-Empfängerpraxis“ (1953)
W. Friedrich: „Tabellenbuch für das Metallgewerbe“ (1957)
I. P. Sherebzow: „Rundfunktechnik“ (1954)
R. Grötsch: „Wie liest man eine Formel, einen Schaltplan, ein Schaubild?“ (1953)
Otto-Müller: „Flächentransistoren“ (1960)
S. Pfüller: „Halbleiter — Bauelemente neuer Technik“ (1961)
D. D. Satschkow: „Anleitung zum Konstruieren von Rundfunkempfängern und anderen Funkgeräten“ (1955)
W. Conrad: „Grundschaltungen der Funktechnik“ (1955)
H. Burkhardt: „Fachkunde für Elektroakustik“ (1953)

VEB Verlag Volk und Wissen, Berlin

Autorenkollektiv: „Werkstoffbearbeitung für Elektroberufe“ (1958)
Autorenkollektiv: „Fachkunde für Funkmechaniker, 2 Bd.“ (1961)
Reth: „Grundlagen der Elektrotechnik“ (1960)
Graff-Knoblich: „Mit Feile und Schraubstock“ (1957)

B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig

Schwoch-Blume: „Das Bearbeiten der Metalle“ (1954)
B. Pabst: „Anleitung zur Fehlersuche für Rundfunkmechaniker“ (1957)
B. Pabst: „Bauelemente des Rundfunkempfängers“ (1957)

Deutscher Militärverlag, Berlin

Autorenkollektiv: „Amateurfunk“ (1963)
H.-J. Fischer: „Transistortechnik für den Funkamateur“ (1962)
K. Rothammel: „Antennenbuch“ (1961)

Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig

H. Pitsch: „Hilfsbuch für die Funktechnik“ (1951)

Franzis-Verlag, München

H. G. Mende: „Leitfaden der Transistortechnik“ (1959)

Verlag Gosenergoisdat, Moskau

Autorenkollektiv: „Handbuch für den Funkamateur" (1961)
Autorenkollektiv: „Anleitung für die Montage von Rundfunkempfängern" (1953)

Verlag Junge Garde, Moskau

B. Smetanin: „Der junge Radiokonstrukteur" (1956)

Verlag SNTL, Praha

J. Cermak: „Der Transistor in der Amateurpraxis" (1960)
R. Major: „Kleine Radiotechnik" (1959)

Verlag Nase Vojsko, Praha

Autorenkollektiv: „Handbuch der radiotechnischen Praxis" (1959)

Verlag des SVAZARM, Praha

K. Donat: „Konstruktions-Handbuch für Radioamateure" (1958)

Verlag Mlada Fronta, Praha

Z. Skoda: „Mit Transistor und Batterie" (1961)

Verlag PTW, Warszawa

J. Rozycki: „HiFi-Technik" (1959)

Verlag Medizin und Naturwissenschaften, Sofia

Dokow-Markow: „Radiotechnik für Funkamateure" (1958)
Autorenkollektiv: „Elektrotechnik für den Funkamateur" (1957)
N. Bitscharow: „Praktische Grundlagen der Radiotechnik" (1961)
S. Paschew: „Meßgeräte für den Radioamateur" (1960)
G. A. Snitzerew: „Meßtechnik zur Empfängerreparatur" (1957)
Parmakljew-Ratschew: „Konstruktionstechnik für Radioamateure" (1960)

b) Broschürenreihen

Deutscher Militärverlag, Berlin

„Der praktische Funkamateur", bis 1962 etwa 30 Titel

Franzis-Verlag, München

„Radio-Praktiker-Bücherei", bis 1962 etwa 100 Titel

Verlag Gosenergoisdat, Moskau

„Große Radiobibliothek", bis 1962 etwa 400 Titel

Verlag MHS, Budapest

„Radioamateur-Bücherei", bis 1962 etwa 35 Titel

Verlag Nase Vojsko, Praha

„Der Radiokonstrukteur des SVAZARM", 1955 bis 1958 etwa 40 Titel

c) Zeitschriften

„radio und fernsehen", VEB Verlag Technik, Berlin
„funkamateur", Deutscher Militärverlag, Berlin
„Funktechnik", Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin-Borsigwalde
„Funkschau", Franzis-Verlag, München
„Radioschau", Wien, Österreich
„Radio", Moskau, UdSSR
„Amaterske Radio", Praha, CSSR
„Radioamator", Warszawa, VR Polen
„Radiotechnika", Budapest, VR Ungarn
„Radio i Televisia", Sofia, VR Bulgarien
„Radioamater", Beograd, FVR Jugoslawien
„Radio Electronica", Haarlem, Niederlande
„The Radio Constructor", London, Großbritannien

BERICHTIGUNG

Durch ein bedauerliches Versehen wurde in einem Teil der Auflage des Radiobastelbuches leider das unveränderte Stichwortverzeichnis der 1. Auflage gedruckt.
Wir bitten unsere Leser, das zu entschuldigen und das nachfolgende neue Verzeichnis zum Nachschlagen zu benutzen.

Der Verlag

Stichwortverzeichnis (2. Auflage)

Redaktionsschluß: 21. Dezember 1962

21.—45. Tausend
zweite, verbesserte Auflage (erste Auflage 1962)
Deutscher Militärverlag, Berlin 1963
Lizenz-Nummer 5
Zeichnungen: Heinz Grothmann, Hildegard Seidler und Brigitta Westphal
Lektor: Sonja Topolov
Korrektor: Ingrid Elsner
Hersteller: Jürgen Hecht
Fotos: Archiv des Verfassers
Gesamtherstellung: Druckerei Sächsische Zeitung, Dresden (III/9/1), 14210
EVP: 11,90 DM

RADIOBASTELBUCH